



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

TREBALL FINAL DE GRAU

REVISIÓ DE LA POTÈNCIA ESTADÍSTICA I MIDA DE LA MOSTRA EN ESTUDIS DE PRECISIÓ D'EQUIPS DE DIAGNÒSTIC OCULAR

ÀREA: ÒPTICA VISUAL-APLICADA

MARTA SOLER VALLS

DIRECTORA - MERITXELL VILASECA RICART
CO-DIRECTOR - CARLES OTERO MOLINS

DEPARTAMENT D'ÒPTICA I OPTOMETRIA

DATA DE LLIURAMENT
MAIG 2016



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

La Dra. Meritxell Vilaseca Ricart i el Sr. Carles Otero Molins com a directors del treball

CERTIFIQUEN

Que la Sra. Marta Soler Valls ha realitzat sota la seva supervisió el treball **“Revisió de la potència estadística i mida de la mostra en estudis de precisió d’equips de diagnòstic ocular”** que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signen aquest certificat.

Dra. Meritxell Vilaseca Ricart
Directora del treball

Sr. Carles Otero Molins
Co-director del treball

Terrassa, 30 de Maig de 2016



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

REVISIÓ DE LA POTÈNCIA ESTADÍSTICA I MIDA DE LA MOSTRA EN ESTUDIS DE PRECISIÓ D'EQUIPS DE DIAGNÒSTIC OCULAR

RESUM

En aquest treball s'ha realitzat una revisió de la potència estadística i mida de la mostra en estudis de precisió d'equips de diagnòstic utilitzats en els camps de l'oftalmologia i l'optometria. Amb aquesta finalitat, s'ha portat a terme la revisió bibliogràfica de 258 articles.

La temàtica dels articles engloba estudis en els que s'ha mesurat l'agudesia visual de pacients, la refracció amb autorefractòmetres, la pressió intraocular amb tonòmetres, paràmetres morfològics amb Tomografia de Coherència Òptica (OCT), etc.

De les publicacions s'ha analitzat la potència estadística i mida de la mostra utilitzada. Si aquesta informació no constava en els articles s'ha calculat la potència estadística assolida amb la mostra utilitzada mitjançant el programa G*Power 3.0.10.

Els resultats obtinguts mostren que pocs articles de precisió reporten la potència estadística tot i que, en els que ho fan, aquesta era òptima. En canvi, els articles on no es reporta la potència, aquesta era baixa. En els últims anys el número d'articles en els que es calcula la potència estadística és major. Això podria ser perquè la comunitat científica pren consciència de la seva importància a banda de reportar els resultats de les proves T de Student en un estudi clínic o de recerca.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

REVISIÓN DE LA POTENCIA ESTADÍSTICA Y TAMAÑO DE LA MUESTRA EN ESTUDIOS DE PRECISIÓN DE EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO OCULAR

RESUMEN

En este trabajo se ha realizado una revisión de la potencia estadística y tamaño de la muestra en estudios de precisión de equipos de diagnóstico utilizados en los campos de oftalmología y la optometría. Con este fin, se ha llevado a cabo la revisión bibliográfica de 258 artículos.

La temática de los artículos engloba estudios en los que se ha medido la agudeza visual de pacientes, la refracción con autorefractómetros, la presión intraocular con tonómetros, parámetros morfológicos con Tomografía de Coherencia Óptica (OCT), etc.

De las publicaciones se ha analizado la potencia estadística y tamaño de la muestra utilizada. Si esta información no constaba en los artículos se ha calculado la potencia estadística conseguida con la muestra utilizada en el estudio mediante el programa G*Power 3.0.10

Los resultados obtenidos muestran que pocos artículos de precisión reportan la potencia estadística aunque, en los que lo hacen, esta era óptima. En cambio, los artículos donde no se reporta la potencia, ésta era baja. En los últimos años, el número de artículos en los que se calcula la potencia estadística es mayor. Esto podría ser porque la comunidad científica toma consciencia de su importancia a parte de reportar los resultados de las pruebas T de Student en un estudio clínico o de investigación.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

REVIEW OF STATISTICAL POWER AND SAMPLE SIZE IN PRECISION STUDIES OF OCULAR DIAGNOSTIC DEVICES

ABSTRACT

This work presents a review of the statistical power and sample size in precision studies of devices for diagnosis used in the fields of ophthalmology and optometry. With this aim, we conducted a bibliographic review of 258 journal articles.

The topic covered by the articles include from studies that measured visual acuity of patients, the refraction with autorefractors, the intraocular pressure with tonometers, morphological parameters with optical coherence tomography (OCT), etc.

Of all publications we analyzed the statistical power and sample size. If this information was not included, the statistical power achieved with the sample size used in the study was calculated using the G*Power 3.0.10 program.

The results obtained show that only few articles report the statistical power, although their power was high. On the contrary, articles in which the statistical power was not included, it was low. In the recent years, the number of papers calculating the power analysis is increasing. The scientific community is becoming aware of the importance of presenting the statistical power analysis apart from the results of the Student's t test in a clinical or research study.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

REVIEW OF STATISTICAL POWER AND SAMPLE SIZE IN PRECISION STUDIES OF OCULAR DIAGNOSTIC DEVICES

This study presents a review of the statistical power and sample size in precision studies of ocular diagnostic.

When using any instrument, one of the most important things is to assess its precision and agreement. According to the standard UNE 82009 "*Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición. Parte 1: Principios generales y definiciones*", both concepts of precision and trueness describe the accuracy of a measurement method. Trueness refers to the degree of agreement between the arithmetic mean of a large number of results and the value accepted as a reference. Sometimes, the trueness cannot be found because it is not possible to have a reference value or gold standard. In such as case, only the agreement between devices or measurement techniques available can be evaluated. We usually express it in terms of bias.

In order to study the trueness, the measurement method is assumed to be precise. Precision refers to the degree of agreement between test results. It involves the concepts of repeatability and reproducibility.

According to the standard cited previously, when performing various test on materials which are identical and in circumstances also identical we do not generally obtain identical results. This is attributed to inevitable random errors in any process of measurement. Also, you cannot completely control the factors that influence it. This is what we call repeatability.

However, there are factors that may contribute to the variability of the results of a measurement method such as: the operator, the devices, calibration of measuring devices, the environment and the interval of sessions. If any of these things is changed, we refer to reproducibility.

In conclusion, the UNE 82009 indicates that precision is the word used to describe the variability that can be found between repeated measurements and usually, the repeatability is used as it is the extreme case of less possible variance among repeated measurements.

As formerly mentioned, the goal of this study is to analyse studies in which the precision of devices used for ocular diagnosis is presented. The topic of the articles included studies which measured the visual acuity of patients using several tests, the intraocular pressure with different tonometers, the refraction with several autorefractors, and different morphological parameters with Optical Coherence Tomography, among others. The studies, in which the precision of equipment is analysed, are applied to a sample of eyes or subjects in order to determine some variables and to make a statistical analysis regarding the difference in the values obtained along consecutive measurements or even in separate sessions. Thus, these studies are very important since they can validate or not several techniques of ocular diagnostic equipment.

In particular, this work analyses if the published ophthalmology and optometry studies report the statistical power achieved with the sample size used in each study for the different variables in order to evaluate the precision of the devices.

The sample size is an important term when designing a study or clinical research. If the sample size is too small, the study does not provide reliable answers to the study hypotheses.

Selecting an adequate sample size is a key step that needs to be considered early in the process of designing a research study. A sample size which is too small will not provide reliable results to the study questions or research hypotheses; in this case, it would be complicated or even impossible to demonstrate the investigation hypothesis although it is true.

A sample size that is too big can make the study unwieldy, wasting both time and effort. An adequate sample size uses resources and time in the most cost-effective manner and is essential to produce useful research findings.

Statistical power helps to ensure that study findings are meaningful by detecting statistical effects. Usually, the larger the sample size, the more power associated with the study although there is a limit. The purpose of a power analysis is to estimate the minimum sample size needed to obtain a desirable level of power before data collection and to use this estimate in recruiting a sample.

Hypotheses are used by researchers when predicting relationships about study variables. The null hypothesis (H_0), sometimes referred to as a "statistical hypothesis," is based on the concept of a "null effect" that is, no relationship (or difference) exists between variables. On the contrary, an alternative hypothesis (H_1), states there is a relationship or difference between variables.

Researchers refer to two types of errors related to data from a study. Type I error also known as "alpha" (α) that is related to the likelihood that the researcher rejects the null hypothesis (no relations / differences) when in fact the null hypothesis is true. The second error is called type II error, or error "beta" (β); this is related to the fact that the investigator does not reject the null hypothesis when in fact the null hypothesis the false.

The statistical power can be defined as the probability of rejecting the null hypothesis when it is false. To sum up, the statistical power is the probability of not considering type II errors.

As stated above, the main purpose of this study is to perform a review of the statistical power and sample size used in precision studies of ocular diagnostic devices which are useful in fields of ophthalmology and optometry. Only studies including parametric variables and 2 groups of comparison were finally included in the posterior analysis.

With this aim, we conducted a review of 258 articles of five different journals: "Optometry and Vision Science" (OVS), "Ophthalmic & Physiological Optics" (OPO), "Journal of Refractive Surgery" (JRS), "Journal of Cataract & Refractive Surgery" (JCRS) and "Investigative Ophthalmology & Visual Science" (IOVS), published between the years 1992 and 2015.

Of all publications we analyzed the statistical power and sample size. If this information was not included, the statistical power achieved with the sample size used in the study was calculated.

For all the studies, we verified if the statistical power was reported taking into account the sample size used and the several variables. On the contrary, the sample size needed to achieve a 0.8 of statistical power was calculated. We chose 80% as a reference to consider the results of a research study reliable as this is widely done in the literature and accepted from a statistical point of view.

In order to calculate this, we used the G*Power 3.0.10 program, which allows selecting between the type of comparison made and the following information in the case of studies with 2 groups of comparison (T Student): sample size (n), mean and standard deviation (SD) of groups 1 and 2 and correlation between them, or the mean and SD of differences between groups 1 and 2.

If the articles did not have this information or it was impossible to calculate them from other data available such as limits of agreement, confidence intervals etc., we also excluded them from the analysis.

Finally, the statistical power and sample size information was collected in an Excel file.

With the criteria described above, only 124 articles were finally included in the analysis. 134 of the articles were excluded as they used non-parametric data and more than 2 groups of comparison; i.e., only studies that used a t test analysis were considered but not an ANOVA. Or they did not include enough information to compute the power using the G*Power software.

The results obtained showed that most of the articles of precision used a sample size between 20 and 39 eyes (or subjects). The size was comprised between 5 and 227 (mean \pm SD: 48.59 ± 40.56)

This number is similar to 30, which is sometimes considered acceptable from the point of view of clinical and statistical analyses. However, one should have in mind that this number does not guarantee a valid statistical power.

Only 28 of the papers included in the study reported the statistical power. The mean (\pm SD) and range (max and min) of the statistical power was of 0.88 ± 0.13 (1.00-0.38). Half of them had a very high statistical power (0.90-1.00).

In addition, there were 96 articles in which the study of the statistical power achieved was not included but could be calculated. For them, 74 had low statistical power (<0.50). Also, only three reached a high statistical power (0.80-0.90) and 13 were associated with a very high power (>0.90).

If we consider all of the articles, that is, those which reported the power and not, 60.5% of them were related to a statistical power below 50%, 5.60% were in the moderate range (between 50-70%), and 10.5% were linked to a high statistical power (80-89%) while 23.4% reached a very high power ($>90\%$).

Thus, we can conclude that the statistical power obtained in general is not optimal, as in those where it was reported the value was high but if it was not, it was very low. Only 33.9% of the articles were associated with a statistical power greater than or equal to 0.80. Therefore, only the results of those studies could be considered reliable.

Another conclusion of the degree thesis is that in recent years, the number of articles calculating the power analysis is increasing. Accordingly, the scientific community is becoming aware of the importance of presenting the statistical power analysis apart from the results of the Student's t test in a clinical or research study.



AGRAÏMENTS

A la Meritxell Vilaseca Ricart, directora del treball, per la seva dedicació i suport durant el desenvolupament del treball.

També agrair-li a en Carles Otero Molins, co-director del treball, que ens va donar la idea de la temàtica del treball i va explicar-nos els coneixements d'estadística necessaris per desenvolupar-lo.

A la companya Marina Homs Espinal, als meus pares, a la meva germana i en Xevi que m'han donat ànims durant la realització del treball.

ÍNDIX DE CONTINGUTS

1. Introducció	1
2. Objectius	7
3. Material i mètode.....	8
4. Resultats.....	12
5. Discussió i conclusions	16
6. Referències.....	17
7. Apèndix: Publicacions analitzades	18

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1. Seqüència jeràrquica de conceptes	3
Figura 2. Conceptes d'error α i β segons la distribució de les variables	4
Figura 3. Exemple de càlcul de la potència estadística amb el programa G*Power	9
Figura 4. Exemple de càlcul de la mostra necessària amb el programa G*Power	10
Figura 5. Histograma amb el número d'articles vs. la mida de la mostra utilitzada	12
Figura 6. Histograma amb el número d'articles vs. potència estadística assolida pels articles que incloïen aquest anàlisi.....	13
Figura 7. Histograma amb el número d'articles vs. potència estadística assolida pels articles que no incloïen aquest anàlisi	14
Figura 8. Histograma amb el número d'articles vs. potència estadística assolida en tots els articles analitzats	14
Figura 9. Histograma amb el número d'articles vs. l'any de publicació dels articles que reporten la potència estadística.....	15

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1. Tipus de test estadístic segons mostres analitzades.....	5
Taula 2. Concepte de significança	6

1. INTRODUCCIÓ

En aquest treball, s'ha realitzat una revisió de la potència estadística i mida de la mostra utilitzada en estudis de precisió d'equips relacionats amb el diagnòstic ocular.

En l'àmbit de l'oftalmologia i l'optometria es realitzen nombrosos estudis relacionats amb la precisió d'equips de diagnòstic ocular utilitzats en la pràctica clínica habitual. Per exemple, en nombrosos estudis s'ha mesurat l'agudeza visual de pacients amb diferents optotips, s'han comparat mesures amb autorefractòmetres pel que fa l'esfera i el cilindre descompost en J_0 i J_{45} , la pressió intraocular amb diferents models de tonòmetres i la realització de Tomografia de Coherència Òptica (OCT), entre molts d'altres.

Els estudis en què s'analitza la precisió d'equips de diagnòstic ocular s'apliquen sobre una mostra determinada de pacients o ulls per valorar-ne algunes variables i fer-ne l'anàlisi estadística corresponent. Aquests estudis són molt importants ja que validen o invaliden tècniques que posteriorment seran de molta importància per al diagnòstic ocular o de la funció visual.

Per definir l'exactitud d'un mètode de mesura s'utilitzen dos termes: la veracitat i la precisió (Fig.1). La veracitat fa referència al grau de concordança que existeix entre la mitjana aritmètica d'un gran nombre de resultats i el valor acceptat com a referència. Normalment, s'expressa en termes de biaix. Per altra banda, la precisió es refereix al grau de concordança que hi ha entre els resultats obtinguts d'un mateix assaig.

El terme general exactitud s'utilitza a la norma UNE 82009 "*Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición. Parte 1: Principios generales y definiciones*"¹ per referir-se, conjuntament, a la veracitat i a la precisió. Aquesta norma espanyola data del 28 de Setembre de 1998 i ha estat elaborada pel comitè tècnic AEN/CTN 82 Metrologia i Calibratge. És vigent i la seva norma internacional equivalent és la ISO 5725-1:1994.

A vegades, la veracitat no es pot trobar ja que no és possible disposar d'un valor de referència de les propietats que es mesuren pel diagnòstic ocular. Sovint, perquè no hi ha cap altre instrument al mercat de referència. En aquests casos, només es pot avaluar la concordança entre equips o tècniques de mesura disponibles.

En canvi, la precisió sempre es pot calcular ja que segons la norma, citada anteriorment, la necessitat de tenir cura de la precisió es basa en el fet de que al realitzar diferents assaigs sobre materials, presumiblement idèntics i en circumstàncies també presumiblement idèntiques, no obtenim, en general, resultats idèntics. Això s'atribueix als inevitables errors aleatoris inherents en

qualsevol procés de mesura, per no poder controlar completament factors que influeixen sobre aquest.

Ara bé, existeixen factors (apart de les variacions existents entre espècimens suposadament idèntics) que poden contribuir a la variabilitat dels resultats d'un mètode de mesura; entre ells es poden incloure: l'operador, els equips de mesura utilitzats, el calibratge dels equips de mesura, l'ambient (temperatura, humitat...) i l'interval temporal entre les mesures.

En conclusió, la norma UNE 82009-1 ens indica que la precisió és el terme que s'utilitza per a designar la variabilitat que ens podem trobar entre mesures repetides.

Hi ha dos tipus de precisió: la repetibilitat i la reproductibilitat. Les dues són necessàries i útils en la pràctica per descriure la variabilitat d'un mètode de mesura. Per tant, sota condicions de repetibilitat, els factors operador, equip de mesura, calibratge, ambient i l'interval temporal entre les mesures es mantenen constants i no contribueixen a la variabilitat; en condicions de reproductibilitat aquests factors varien, contribuint a la variabilitat dels resultats. Així doncs, repetibilitat i reproductibilitat són els dos extrems de la precisió; la primera caracteritzant la menor variació i la segona la màxima variació dels factors. Es poden considerar altres condicions intermèdies entre aquestes dues condicions extremes, sempre que un o més factors, dels citats anteriorment, variïn, emprant-se en circumstàncies específiques. La precisió s'expressa, normalment, en termes de desviacions típiques o estàndards.

Per saber si les mesures obtingudes amb un instrument de diagnòstic ocular són correctes, una de les condicions imprescindibles que han de complir els mateixos és que les mesures siguin repetitives. Només així s'aconseguirà que si qualsevol altre investigador o clínic realitza les mateixes mesures amb el mateix tipus d'instrument s'obtinguin els mateixos resultats. Deduïm que s'està mesurant el mateix de la mateixa forma i que el procés de mesura està controlat.

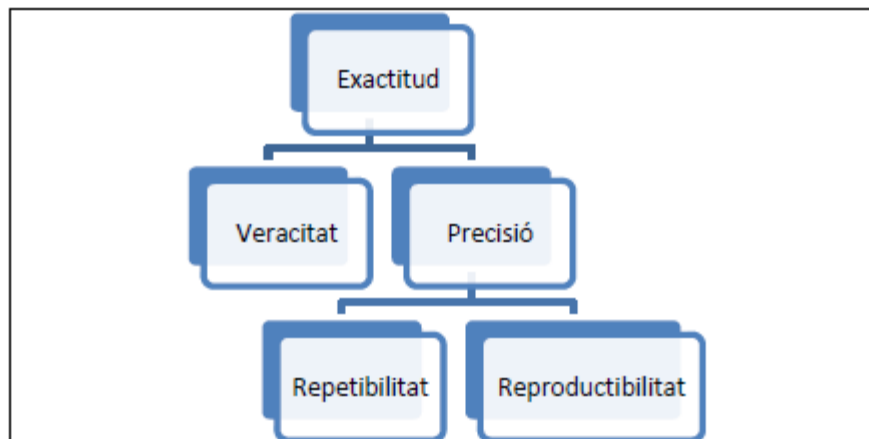


Figura 1. Seqüència jeràrquica de conceptes

En aquest treball s'analitzen articles sobre estudis de precisió d'instruments utilitzats en el diagnòstic ocular i visual, tal com s'ha comentat anteriorment.

Concretament, en aquest treball s'analitza si els articles publicats en els àmbits de l'oftalmologia i l'optometria han tingut en compte la potència estadística que han aconseguit amb el número de mostres incloses en l'estudi i el tipus de variables obtingudes per tal d'avaluar la precisió d'equips de diagnòstic ocular.

La determinació de la mida de la mostra és un pas important a l'hora de dissenyar un estudi de recerca o clínic. Si la mida de la mostra és massa petita, l'estudi no proporcionarà respostes fiables per estudiar les hipòtesis plantejades.

Amb una petita mostra, l'estudi no té potència estadística suficient i no es pot garantir que els resultats obtinguts descriguin amb precisió la població en general. Si bé no hi ha específicament una definició d'una mostra petita, en estadística es parla generalment de 30 subjectes o ulls. És a dir, es considera una mostra gran quan és major de 30, encara que, no implica necessàriament que la mida de la mostra sigui suficient per a una representació fidel de la població.

Una altra consideració de la mida de la mostra necessària a incloure en un estudi està relacionada directament amb els tipus de variables estudiades. En funció de si aquestes varien més o menys entre la població, és a dir, tenen més o menys variància, la mida de la mostra requerida varia. Com més variància, més gran haurà de ser el número de pacients o ulls considerat.

Els investigadors usen hipòtesis per predir les relacions i les diferències sobre les principals variables d'un estudi. La hipòtesi nul·la (H_0) es basa en el concepte d'un "efecte nul"; en altres paraules, no hi ha relació (o diferència) entre variables. Pel contrari, la hipòtesi alternativa (H_1) afirma que hi ha una relació o diferència entre variables².

En estudis de precisió, les variables fan referència per exemple a valors obtinguts a partir de dues sessions diferents.

Els investigadors es refereixen a dos tipus d'errors relacionats amb les dades d'un estudi. Els errors denominats de tipus I, coneguts també com error "alfa" (α), que tenen a veure amb la probabilitat que l'investigador rebutgi la hipòtesi nul·la (no hi ha relacions / diferències) quan en realitat la hipòtesi nul·la és certa. El segon error es denomina error de tipus II, denominat de vegades com error "beta" (β); aquest està relacionat amb el fet que l'investigador no rebutgi la hipòtesi nul·la quan de fet la hipòtesi nul·la és falsa.

Per tant, la potència estadística es podria definir com la probabilitat de rebutjar la hipòtesi nul·la quan és falsa. Es pot resumir en que és la probabilitat de no cometre un error de tipus II.

La mida de la mostra requerida és aquella que permet que el solapament entre les distribucions de la variable sota H_0 i H_1 proporcioni uns valors de α i β específics. També s'ha de tenir en compte, a part de la variància associada a cada variable, que si el número de mostres en la població analitzada (n) augmenta, les distribucions es fan més estretes, disminuint el grau de solapament, i per tant, els riscos α i β (Fig. 2).

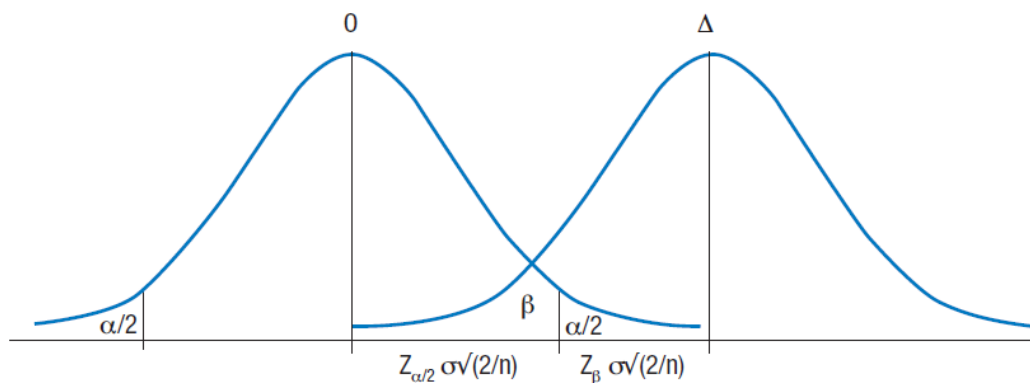


Figura 2. Conceptes d'error α i β segons la distribució de les variables.

La potència d'un estudi per establir una alternativa d'interès és el complementari del risc β . Normalment, en estudis clínics o de recerca s'estableix que el nivell d'error tipus I (o alfa) sigui de 0.05 (95% de confiança estadística) i que β (error tipus II) sigui de 0.2, és a dir, que es tingui una potència estadística de 0.8 o 80%. Si l'estudi ha assolit una potència del 90% es considera òptim. D'altra banda, per a estudis pilot s'accepten valors de potència estadística compresos entre 0.5 i 0.8. Cal remarcar que la potència estadística té un rang de 0 a 1.

La potència estadística és un paràmetre molt important que s'hauria de calcular sempre que fos possible abans de realitzar estudis d'investigació ja que s'evitaria despeses elevades per tan sols obtenir potències estadístiques petites, en els quals seria molt complicat demostrar la hipòtesi de la investigació encara que fos certa.

D'altra banda, si es tracta d'estudis amb proves invasives pel pacient, si agafem una mostra massa gran - és a dir, en que per exemple s'assoleixi una potència estadística de 1.00 - s'està posant en risc a més persones del compte, quan amb una mostra que proporcionés una potència de 0.8 es consideraria suficient per admetre l'estudi com a vàlid, i al mateix temps s'estalviarien recursos econòmics.

Una altra dada de molt interès és la mida de l'efecte (d). De fet, la potència estadística, a banda de dependre de n i els errors tipus I i II descrits anteriorment, també en depèn. La mida de l'efecte quantifica la diferència entre mitjanes de dos grups.

La potència estadística (PE) es calcula sobre la base de tres xifres: grandària de la mostra (n), nivell d'error (α) i mida de l'efecte (TE). En termes generals podem afirmar que com més gran sigui la mostra, més gran serà la potència estadística (mantenint constant el TE i α), atès que l'error aleatori de mesura és menor. La mida de l'efecte representa el grau en què la hipòtesi nul·la és falsa. Quan el TE és gran la PE augmenta. En incrementar l'error de tipus I, la potència també augmenta i com més petit és el valor de α , més baixa serà la potència. És per això que s'ha d'equilibrar la probabilitat de cometre errors de tipus I i II.

Tal i com es desprèn de la gràfica anterior (Fig. 2), el solapament existent entre variables té a veure amb la distribució de les mateixes. Aquestes poden seguir una distribució tipus T de Student o no. En el cas de que tinguin aquest tipus de distribució es parla de variables amb distribució normal o paramètriques. A banda de la potència estadística explicada anteriorment, amb variables d'aquest tipus i si es disposa de dos grups de comparació es poden utilitzar els següents tests per tal de rebutjar, o no, la hipòtesi nul·la (Taula 1).

Mostres	Variables paramètriques	Variables no paramètriques
Independents	Test T de Student per mostres independents	U Mann-Whitney
Aparellades*	Test T de Student per mostres aparellades	Wilcoxon

Taula 1. Tipus de test estadístic segons mostres analitzades (*: les observacions estan relacionades entre elles).

En general, aquestes proves treballen amb una significança del 95%. Això es resumeix a la taula següent:

Hipòtesi nul·la (H_0): les mostres són iguals.	
Significança (p):	Si $p < 0.05$ rebutgem $H_0 \rightarrow$ Hi ha diferències entre les mostres
	Si $p > 0.05$ no rebutgem $H_0 \rightarrow$ No hi ha diferències entre les mostres

Taula 2. Concepte de significança.

Tal i com s'ha dit anteriorment, en aquest treball de fi de grau s'analitza si els estudis clínics o de recerca publicats en els àmbits de l'oftalmologia i l'optometria han tingut en compte la potència estadística que han aconseguit amb el número de mostres incloses en l'estudi i el tipus de variables obtingudes per tal d'avaluar la precisió d'equips de diagnòstic ocular. En cas de que no ho hagin tingut en compte, s'ha calculat la mida de la mostra necessària que s'hauria d'haver utilitzat per tal d'obtenir una potència estadística del 80%, que és el valor que normalment es considera vàlid.

En el present treball, només s'han avaluat publicacions que analitzaven dos grups de comparació i de variables paramètriques.

2. OBJECTIUS

L'objectiu general d'aquest treball és realitzar una revisió de la potència estadística i mida de la mostra en estudis de precisió d'equips relacionats amb el diagnòstic ocular i visual.

Per assolir aquest objectiu general s'han proposat els següents objectius específics:

- Revisió bibliogràfica d'articles publicats en les revistes "Optometry and Vision Science" (OVS), "Ophthalmic & Physiological Optics" (OPO), "Journal of Refractive Surgery" (JRS), "Journal of Cataract & Refractive Surgery" (JCRS) i "Investigative Ophthalmology & Visual Science (IOVS), entre els anys 1992 i 2015.
- Anotació en un document Excel de la potència estadística i mida de la mostra utilitzats en els estudis analitzats en el cas d'incloure l'anàlisi de variables paramètriques.
- Si aquesta informació no està inclosa en els articles, càlcul de la potència estadística assolida amb la mostra utilitzada a l'estudi mitjançant el programa G*Power 3.0.10.
- Avaluació dels resultats obtinguts i extracció de conclusions.

3. MATERIAL I MÈTODE

En aquest treball s'han analitzat 258 articles de les revistes "Optometry and Vision Science" (OVS), "Ophthalmic & Physiological Optics" (OPO), "Journal of Refractive Surgery" (JRS), "Journal of Cataract & Refractive Surgery" (JCRS) i "Investigative Ophthalmology & Visual Science" (IOVS) publicats entre els anys 1992 i 2015. Totes aquestes revistes estan disponibles en format electrònic a través d'enllaços de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

Tots aquests articles es corresponen a estudis d'equips utilitzats pel diagnòstic ocular o visual. De totes aquestes publicacions se n'han inclòs a la revisió finalment 124, en les que s'avaluaven variables quantitatives paramètriques, és a dir, amb una distribució normal, i només consideraven dos grups de comparació. Conseqüentment, els estudis analitzats utilitzaven un anàlisi tipus T de Student. Els estudis amb variables no paramètriques s'han exclòs d'aquesta revisió. També s'han exclòs els treballs en què es consideraven més de dos grups de comparació i que, per exemple, usaven un anàlisi estadístic tipus ANOVA.

Pels estudis inclosos s'ha analitzat si reportaven la potència estadística tenint en compte la mostra de població utilitzada i el tipus de variables. En cas afirmatiu, s'ha anotat en un document Excel la següent informació: les sigles de la revista de la qual prové l'article, el número d'article, si s'analitza la concordança, precisió o ambdues, l'any de publicació de l'article, la potència reportada, mida de la mostra, la mida de l'efecte, la mitjana i desviació estàndard de les diferències entre grups, o la mitjana i desviació estàndard de les variables pels 2 grups considerats i la correlació entre les mateixes (si es proporciona), si s'ha utilitzat un o dos ulls de cada pacient, una breu descripció del tipus d'estudi i el número d'autors de l'article.

En cas contrari, s'ha calculat la mida de la mostra necessària per aconseguir una potència estadística de 0.8 (80%), valor que habitualment es té en compte per tal de considerar fiables els resultats d'un estudi tal i com s'ha dit anteriorment.

Per realitzar aquest càlcul s'ha utilitzat el programa G*Power 3.0.10³. Aquest programa permet seleccionar entre el tipus de comparació realitzada, i necessita que introduïm les següents dades en el cas de la T de Student: mida de la mostra (n), mitjana i desviació estàndard (SD) dels grups 1 i 2 i correlació entre elles, o mitjana i SD de les diferències entre els grups 1 i 2.

Si els articles no disposaven d'aquesta informació, també s'excloïen de l'anàlisi.

A continuació, es mostra un exemple de càlcul realitzat amb el programa:

A la imatge següent (Fig. 3.) es mostra com s'han d'introduir les dades al programa per obtenir la potència estadística.

Primer se selecciona l'opció de t test a l'apartat de "Test family", ja que els articles analitzats usaven un t test. A l'apartat de "Statistical test" se selecciona l'opció de "matched pairs", en el cas que siguin mostres aparellades.

A continuació, a l'apartat "Type of power analysis" es tria l'opció de "Post hoc" per tal de poder calcular la potència estadística. Cal escollir l'opció "two tail(s)".

S'observa que la mida de la mostra s'escriu a l'apartat de "Total sample size". A l'exemple s'ha assignat un valor de 51, és a dir, 51 ulls o subjectes. A continuació, cal clicar sobre "Determine" i apareix una pestanya a la dreta on es pot introduir a l'apartat "from differences", la mitjana i la SD de les diferències, en aquest cas 13.7 i 17.49, respectivament. En cas que no haguéssim disposat d'aquestes dades, però sí de la mitjana i SD dels grups 1 i 2 i correlació entre elles, s'hagués introduït a la segona opció, a l'apartat "from group parameters".

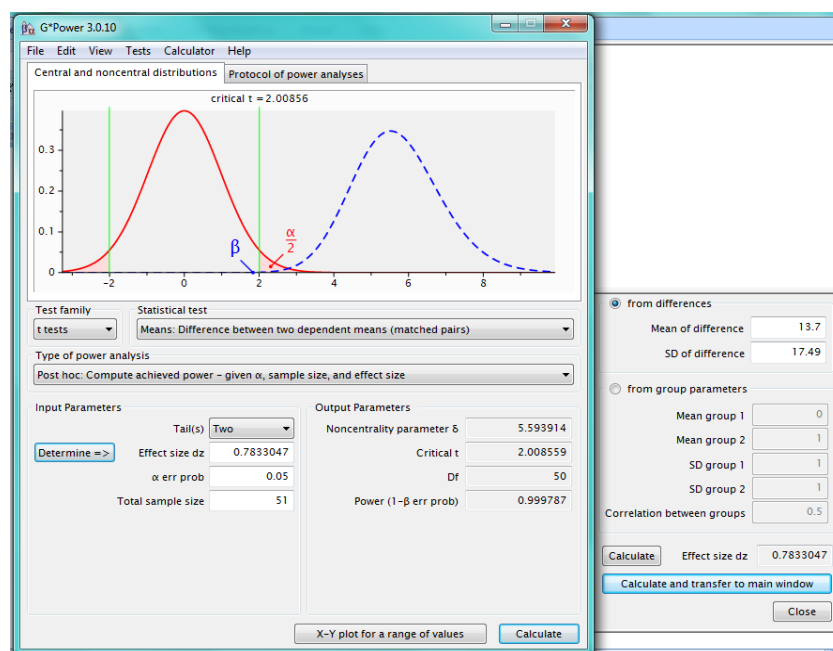


Figura 3. Exemple de càlcul de la potència estadística amb el programa G*Power.

Un cop seleccionem l'opció "Calculate", el programa dóna la informació de la mida de l'efecte (Effect size dz), i el valor de la potència estadística obtinguda (Power (1- β err prob)), situada a la pestanya principal. En aquest cas, s'obté una potència estadística de 0.99.

En cas de voler saber la mida de la mostra necessària per aconseguir una potència estadística de 0.8, s'han de realitzar els passos que mostra la següent imatge (Fig. 4). Només cal canviar l'opció de l'apartat "Type of power analysis" per la de "A priori", i a continuació es torna a seleccionar "Calculate" i apareix la mida de la mostra per a una potència de 0.8 a l'apartat de "Total sample size". En el cas de l'exemple esdevé de 15 ulls o subjectes.

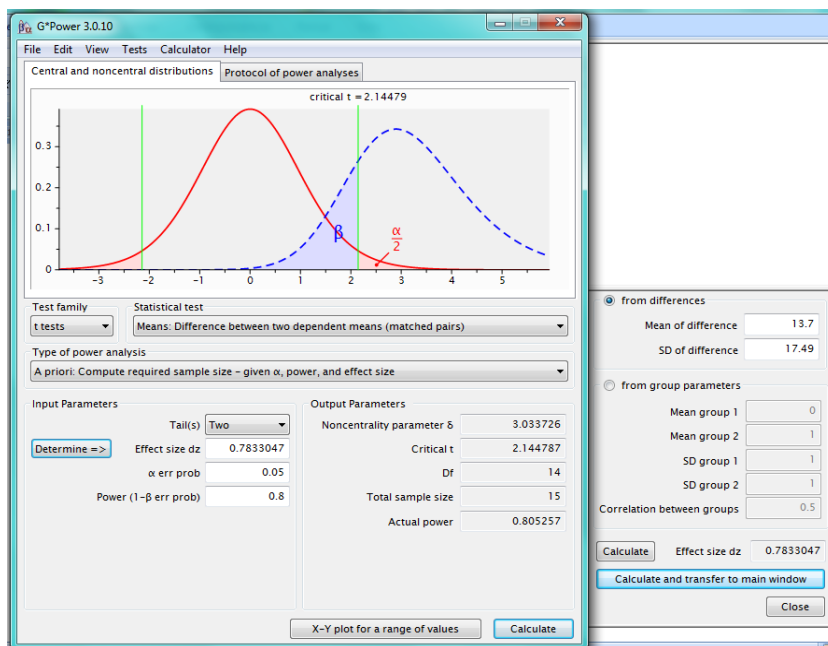


Figura 4. Exemple de càlcul de la mostra necessària amb el programa G*Power.

Així doncs, en aquest exemple s'ha obtingut una potència estadística de 0.99 per a la mostra de 51 ulls o subjectes que han utilitzat a l'article, i amb la mitjana i SD que han obtingut. També s'observa que només es necessitaven 15 ulls o subjectes per obtenir una potència de 0.8, valor que habitualment es té en compte per tal de considerar fiables els resultats d'un estudi.

A vegades, les dades requerides no apareixien explícitament en l'article i s'havien de calcular a partir d'altres de que sí es disposava. Per exemple, es calculaven a partir dels intervals de confiança (*confidence intervals* o *CI*), límits de concordança (*limits of agreement* o *LoA*), l'error estàndard de la mitjana (*standard error of the mean* o *SEM*) o bé a partir del coeficient de repetibilitat (*coefficient of repeatability* o *COR*), etc. Les relacions d'aquests conceptes estadístics es descriuen a continuació.

En els articles publicats en els últims anys i en els que s'analitza la precisió entre mesures, no s'utilitza l'estudi de la regressió lineal de les mateixes sinó que es treballa amb els límits proposats per Bland i Altman (1986). Aquests autors suggereixen que cal esperar que la mitjana de les diferències de les mesures (*Md*) serà propera a 0 i que la majoria de les diferències entre parelles de mesures equivalents corresponents a diferents repeticions es situïn entre el rang

de $\pm 1.96 Sd_M$, on Sd_M és la desviació estàndard de la mitjana de les diferències (o entre $\pm 2.56 Sd_M$), on 1.96 i 2.56 fan referència a l'interval del 95% i 99% de confiança estadística respectivament.

A partir dels límits de concordança es pot calcular la mitjana de les diferències, o bé la SD_M amb aquestes fórmules:

$$\text{Límit superior} = Md + 1.96 \cdot SD_M$$

$$\text{Límit inferior} = Md - 1.96 \cdot SD_M$$

A vegades, en comptes d'aquests límits l'article proporciona els intervals de confiança a través dels quals també es pot obtenir la mitjana de les diferències o el SEM a partir de la següent fórmula:

$$\text{Límits CI} = Md \pm 1.96 \cdot SEM$$

On SEM fa referència a la desviació estàndard dividida per l'arrel quadrada de la mida de la mostra (n). D'aquesta manera es pot obtenir la SD per introduir-la al programa:

$$SD = SEM \cdot \sqrt{n}$$

En articles de precisió, sovint ens reporten el coeficient de repetibilitat. A través del qual podem obtenir la desviació estàndard:

$$COR = 1.96 \cdot SD$$

El valor de 1,96 fa referència a l'interval de confiança del 95%, tot i que tal i com s'ha comentat anteriorment, s'ha de substituir pel valor de 2,56 si fa referència a l'interval de confiança del 99%. A partir d'aquest paràmetre es permet establir uns límits d'error de repetibilitat màxim i mínim, per cadascuna de les variables estudiades.

4. RESULTATS

Dels 258 articles revisats, 124 van ser finalment inclosos en la revisió. Els exclosos (134) presentaven més de dos grups de comparació o incloïen variables no paramètriques.

La mida de la mostra (n) dels 124 estudis inclosos està compresa entre 5 i 227. La mitjana de n (\pm SD) és de 48.59 ± 40.56 i la mediana de 33.5. A la figura 5 es mostra l'histograma del número d'estudis en funció de la mida de la mostra (n) utilitzada, que en el cas dels articles analitzats fan referència al número d'ulls.

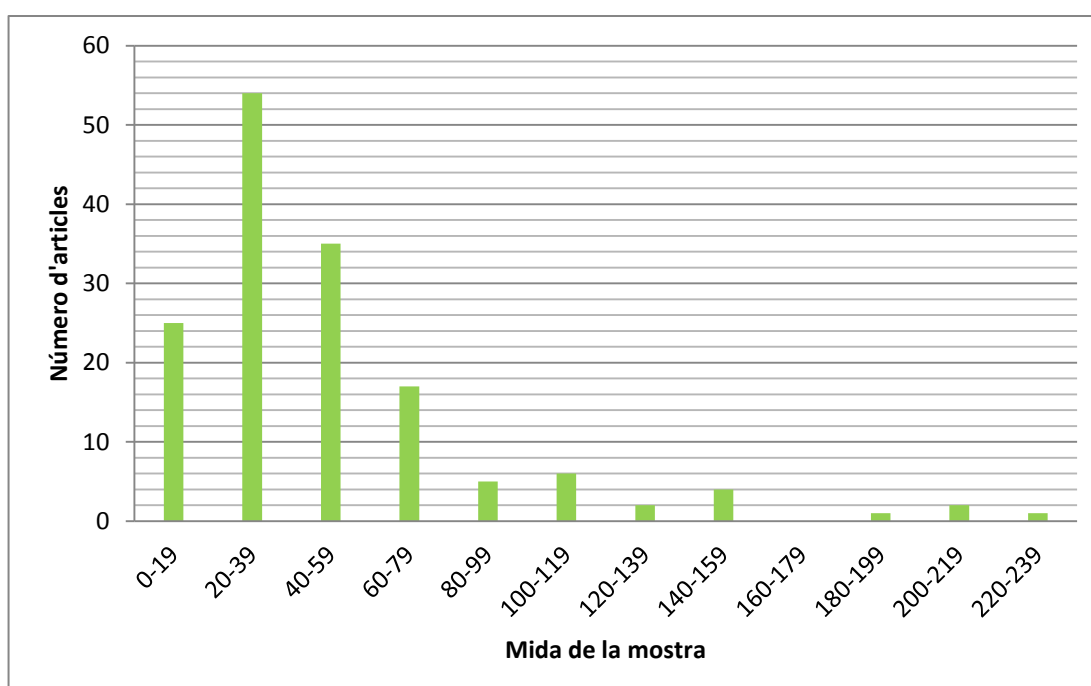


Figura 5. Histograma amb el número d'articles vs. la mida de la mostra utilitzada (n).

S'observa que la majoria d'articles han utilitzat una mostra d'entre 20 i 39 ulls.

D'aquests 124 articles, tan sols 28 indicaven la potència estadística assolida. La potència assolida per aquests es pot observar a la figura 6. La mitjana (\pm SD) i (rang màxim i mínim) de la potència estadística va ser de 0.88 ± 0.13 i (1.00-0.38). I la mediana de 0.9.

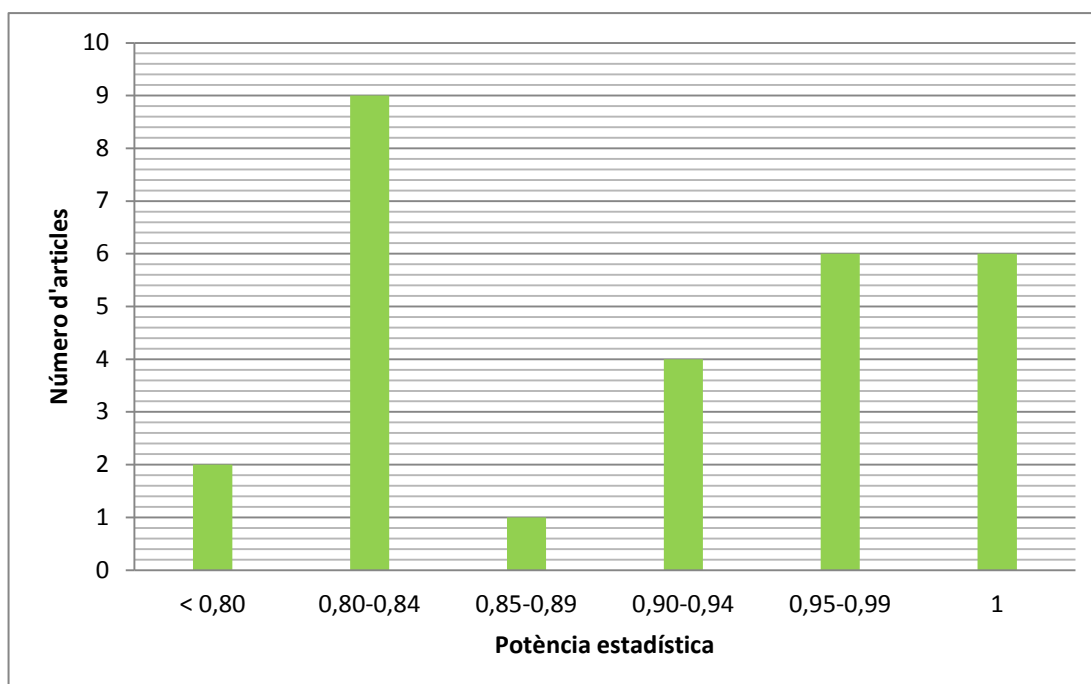


Figura 6. Histograma amb el número d'articles vs. potència estadística assolida pels articles que incloïen aquest anàlisi.

D'altra banda, 230 dels 258 considerats inicialment no incloïen informació pel què fa a la potència. Això equival a un 89,1% del total. En aquest cas, mitjançant les dades disponibles en la publicació es va calcular la potència assolida per a 96 dels articles; pels 134 restants no va ser possible realitzar el càlcul doncs no es reportaven les dades a introduir en el programa G*Power, o bé eren estudis realitzats amb ANOVA o variables no paramètriques, tal i com ja s'ha indicat anteriorment.

A la figura 7 es mostra l'histograma amb el número d'articles versus la potència estadística assolida pels 96 articles, pels que sí es va poder dur a terme el càlcul. La mitjana (\pm SD) i (rang màxim i mínim) de la potència estadística va ser de $0,31 \pm 0,33$ i (1-0,05). I la mediana de 0,14.

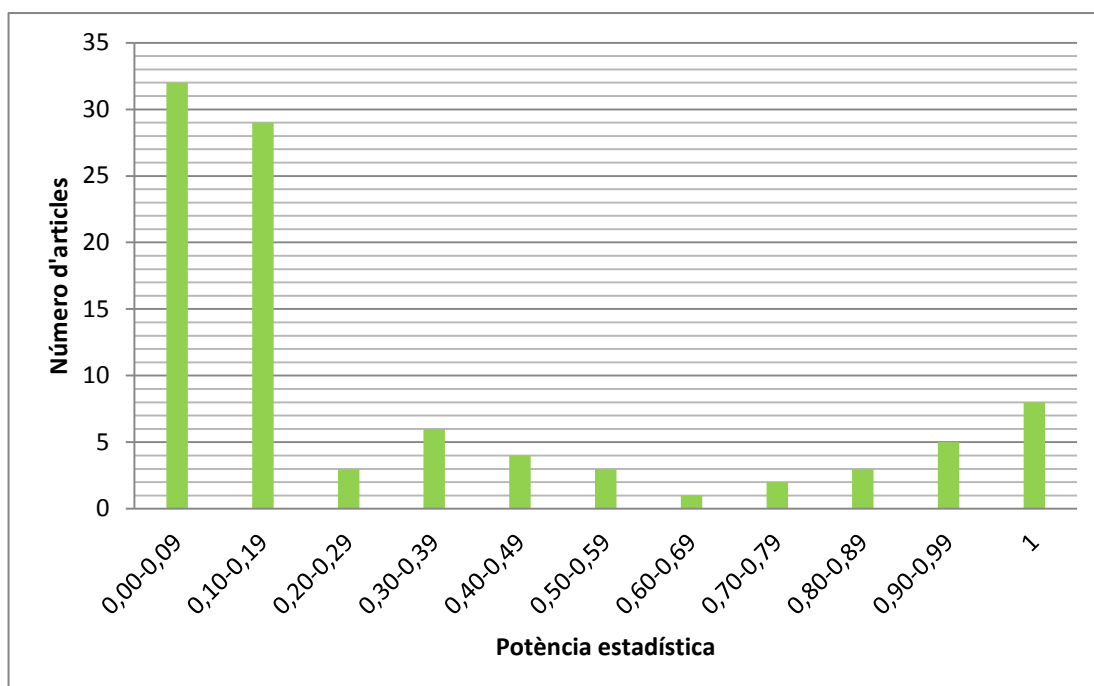


Figura 7. Histograma amb el número d'articles vs. potència estadística assolida pels articles que no inclouen aquest anàlisi.

A la figura 8, es mostra l'histograma pel total d'articles inclosos al treball (124), tenint en compte tant els que reportaven la potència estadística (28 articles) com els que no (96 articles).

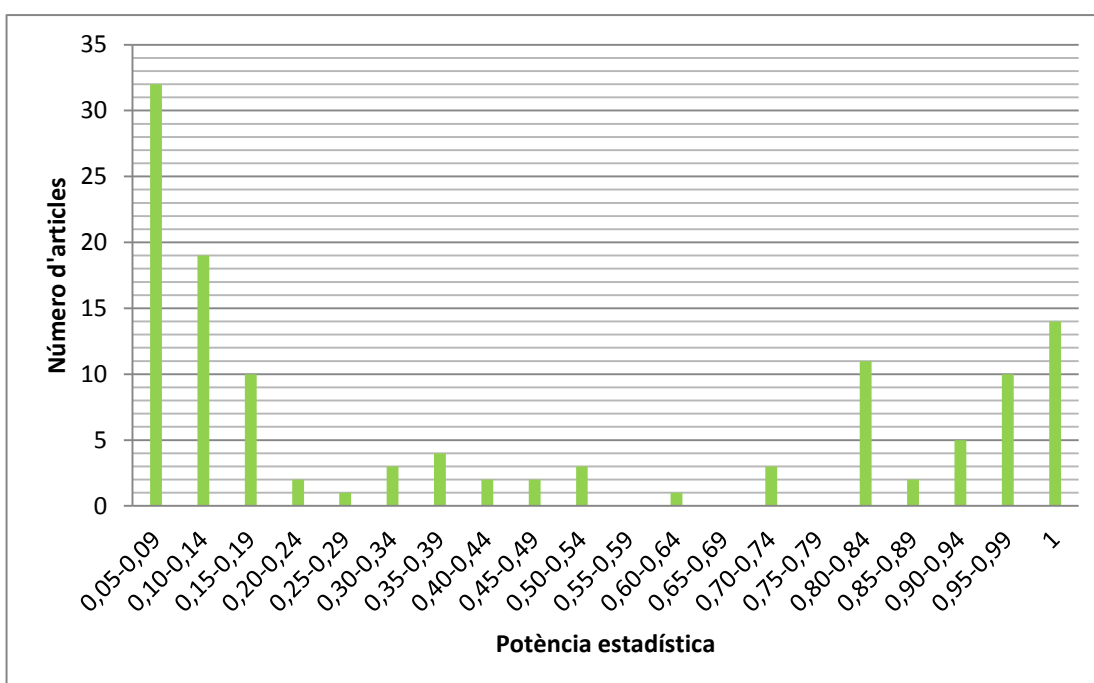


Figura 8. Histograma amb el número d'articles vs. potència estadística assolida en tots els articles analitzats.

Així doncs, 60.5% dels 124 articles inclosos en l'anàlisi estaven lligats a una potència estadística (<50%), el 5.60% a una moderada (compresa entre 50-79%), 10.5% a una potència estadística alta (80-89%), i 23.4% a una potència estadística molt alta ($\geq 90\%$).

Finalment, a la figura 9 es mostra el número d'articles que reporten la potència estadística en funció de l'any de publicació de l'article per a tots aquells articles en què es donava aquesta informació.

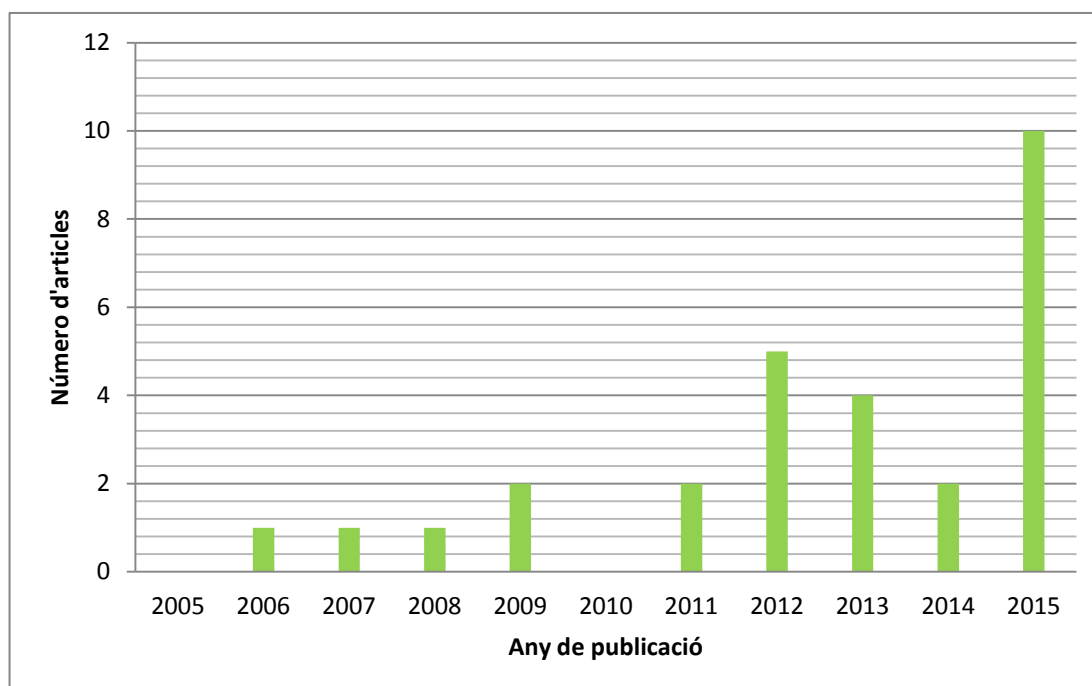


Figura 9. Histograma amb el número d'articles vs. l'any de publicació dels articles que reporten la potència estadística.

5. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

Tal i com es desprèn dels resultats obtinguts, la majoria d'articles analitzats utilitzen una mida de la mostra entre 20 i 39 ulls o subjectes. Aquest número és similar a 30, a partir del qual es considera en general que una mostra és acceptable des del punt de vista clínic i estadístic. S'ha de tenir en compte, però, que aquest número no garanteix una potència estadística determinada, tal i com es pot veure en l'apartat de resultats d'aquest treball.

Només un 10.9% dels 258 articles analitzats (28) reportaven la potència estadística. D'aquests, la meitat tenien una potència estadística molt elevada (0.90-1.00).

Dels que no la reportaven (96), 74 dels quals van tenir una potència estadística baixa (<0.50). Només 3 dels articles van assolir una potència elevada (0.8-0.9). En canvi, 13 van associar-se a potències molt elevades (>0,90).

Tenint en compte la totalitat dels articles, és a dir, tant aquells que reportaven la potència estadística com no, 60.5% dels articles estaven lligats a una potència estadística (<50%), el 5.60% a una moderada (compresa entre 50-79%), 10.5% a una potència estadística alta (80-89%), i 23.4% a una potència estadística molt alta ($\geq 90\%$).

Així doncs, es pot concloure que la potència estadística assolida no és òptima, ja que en els articles que reportaven la potència estadística aquesta era elevada però en els que no la reportaven el seu valor era molt baix. Només un 33.9% dels articles estava associat a una potència estadística superior o igual a 0.8, i per tant, els seus resultats podrien ser considerats fiables.

Una altra conclusió que es fa palesa amb els resultats obtinguts és que darrerament, el número d'articles en els que es calcula la potència estadística és més gran. La comunitat científica està prenent consciència de la rellevància de presentar la potència estadística a banda de reportar els resultats de les proves T de Student en un estudi clínic o de recerca. Només d'aquesta manera els resultats de l'estudi poden ser considerats fiables.

6. REFERÈNCIES

1. "Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición. Parte 1: Principios generales y definiciones". Norma española UNE 82009-1. Septiembre 1998.
2. Fitzner K, Heckinger E. Sample Size Calculation and Power Analysis: A Quick Review. *The Diabetes Educator*. August 2010; p.701-707. doi:10.1177/0145721710380791.
3. Cárdenas Castro M, Arancibia Martini H. Potencia Estadística y Cálculo del Tamaño del Efecto en G*Power : Complementos a las Pruebas de Significación estadística y su aplicación en psicología. *Salud & Sociedad*. Agosto 2014, vol. 5, nº2, p:210-224.

7. APÈNDIX: PUBLICACIONS ANALITZADES

A continuació, es presenta un llistat de totes les publicacions analitzades en aquest treball. El número de cada article fa referència al codi identificatiu que s'ha utilitzat a la base de dades.

Optometry and Vision Science (OVS)

- 1: Cox SM, Nichols KK, Nichols JJ. Agreement between Automated and Traditional Measures of Tear Film Breakup. *Optom Vis Sci.* 2015 Jul 3. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 26154689.
- 2: Alhassan M, Hovis JK, Chou RB. Repeatability of Associated Phoria Tests. *Optom Vis Sci.* 2015 Jun 19. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 26099058.
- 3: Wu S, Hong J, Tian L, Cui X, Sun X, Xu J. Assessment of Bulbar Redness with a Newly Developed Keratograph. *Optom Vis Sci.* 2015 Jun 19. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 26099055.
- 4: Ye C, Yu M, Lai G, Jhanji V. Variability of Corneal Deformation Response in Normal and Keratoconic Eyes. *Optom Vis Sci.* 2015 Jul;92(7):e149-53. doi: 10.1097/OPX.0000000000000628. PubMed PMID: 26002009.
- 5: Hathibelagal AR, Leat SJ, Irving EL, Nandakumar K, Eizenman M. Measuring Infant Visual Acuity with Gaze Tracker Monitored Visual Fixation. *Optom Vis Sci.* 2015 Jul;92(7):823-33. doi: 10.1097/OPX.0000000000000613. PubMed PMID: 26002001.
- 6: MacKeben M, Nair UK, Walker LL, Fletcher DC. Random word recognition chart helps scotoma assessment in low vision. *Optom Vis Sci.* 2015 Apr;92(4):421-8. doi: 10.1097/OPX.0000000000000548. PubMed PMID: 25946100; PubMed Central PMCID: PMC4376273.
- 7: Lin RJ, Ng JS, Nguyen AL. Determinants and standardization of mesopic visual acuity. *Optom Vis Sci.* 2015 May;92(5):559-65. doi: 10.1097/OPX.0000000000000584. PubMed PMID: 25906409.
- 8: Fredette MJ, Giguère A, Anderson DR, Budenz DL, McSoley J. Comparison of Matrix with Humphrey Field Analyzer II with SITA. *Optom Vis Sci.* 2015 May;92(5):527-36. doi: 10.1097/OPX.0000000000000583. PubMed PMID: 25875683.
- 9: Sorbara L, Peterson R, Schneider S, Woods C. Comparison between live and photographed slit lamp grading of corneal staining. *Optom Vis Sci.* 2015 Mar;92(3):312-7. doi: 10.1097/OPX.0000000000000496. PubMed PMID: 25546827.
- 10: Chao C, Stapleton F, Badarudin E, Golebiowski B. Ocular surface sensitivity repeatability with Cochet-Bonnet esthesiometer. *Optom Vis Sci.* 2015 Feb;92(2):183-9. doi: 10.1097/OPX.0000000000000472. PubMed PMID: 25546826.
- 11: Wong E, Yoshioka N, Kalloniatis M, Zangerl B. Cirrus HD-OCT short-term repeatability of clinical retinal nerve fiber layer measurements. *Optom Vis Sci.* 2015 Jan;92(1):83-8. doi: 10.1097/OPX.0000000000000452. PubMed PMID: 25479451.
- 12: Ortiz-Toquero S, Rodriguez G, de Juan V, Martin R. Repeatability of placido-based corneal topography in keratoconus. *Optom Vis Sci.* 2014 Dec;91(12):1467-73. doi: 10.1097/OPX.0000000000000421. PubMed PMID: 25343684.
- 13: Larrue D, Legeard M. A comparison of four different lens mappers. *Optom Vis Sci.* 2014 Nov;91(11):e260-6. doi: 10.1097/OPX.0000000000000396. PubMed PMID: 25259757.

- 14: Thorud HM, Helland M, Aarås A, Kvikstad TM, Lindberg LG, Horgen G. Reliability of muscle blood flow measurements in orbicularis oculi. *Optom Vis Sci.* 2014 Sep;91(9):e215-21. doi: 10.1097/OPX.0000000000000346. PubMed PMID: 25105686.
- 15: Moore KE, Berntsen DA. Central and peripheral autorefraction repeatability in normal eyes. *Optom Vis Sci.* 2014 Sep;91(9):1106-12. doi: 10.1097/OPX.0000000000000351. PubMed PMID: 25062133; PubMed Central PMCID: PMC4142103.
- 16: McKeague C, Binns AM, Margrain TH. An evaluation of two candidate functional biomarkers for AMD. *Optom Vis Sci.* 2014 Aug;91(8):916-24. doi: 10.1097/OPX.0000000000000318. PubMed PMID: 24978867.
- 17: Cebrian JL, Antona B, Barrio A, Gonzalez E, Gutierrez A, Sanchez I. Repeatability of the modified Thorington card used to measure far heterophoria. *Optom Vis Sci.* 2014 Jul;91(7):786-92. doi: 10.1097/OPX.0000000000000297. PubMed PMID: 24901486.
- 18: Ngo W, Srinivasan S, Schulze M, Jones L. Repeatability of grading meibomian gland dropout using two infrared systems. *Optom Vis Sci.* 2014 Jun;91(6):658-67. doi: 10.1097/OPX.0000000000000279. PubMed PMID: 24830370.
- 19: O'Connell RA, Anderson AJ, Hosking SL, Batcha AH, Bui BV. Test-retest reliability of retinal oxygen saturation measurement. *Optom Vis Sci.* 2014 Jun;91(6):608-14. doi: 10.1097/OPX.0000000000000257. PubMed PMID: 24811846.
- 20: Ashraf H, Nowroozzadeh MH. Diurnal variation of retinal thickness in healthy subjects. *Optom Vis Sci.* 2014 Jun;91(6):615-23. doi: 10.1097/OPX.0000000000000269. PubMed PMID: 24811843.
- 21: Kollbaum PS, Jansen ME, Kollbaum EJ, Bullimore MA. Validation of an iPad test of letter contrast sensitivity. *Optom Vis Sci.* 2014 Mar;91(3):291-6. doi: 10.1097/OPX.0000000000000158. PubMed PMID: 24413274.
- 22: Bandlitz S, Purslow C, Murphy PJ, Pult H, Bron AJ. A new portable digital meniscometer. *Optom Vis Sci.* 2014 Jan;91(1):e1-8. doi: 10.1097/OPX.0000000000000062. PubMed PMID: 24162893.
- 23: Doyle L, Little JA, Saunders KJ. Repeatability of OCT lens thickness measures with age and accommodation. *Optom Vis Sci.* 2013 Dec;90(12):1396-405. doi: 10.1097/OPX.0000000000000080. PubMed PMID: 24141633.
- 24: Meikies D, van der Mooren M, Terwee T, Guthoff RF, Stachs O. Rostock Glare Perimeter: a distinctive method for quantification of glare. *Optom Vis Sci.* 2013 Oct;90(10):1143-8. doi: 10.1097/OPX.0b013e318295a720. PubMed PMID: 23811606.
- 25: David VP, Stead RE, Vernon SA. Repeatability of ocular response analyzer metrics: a gender-based study. *Optom Vis Sci.* 2013 Jul;90(7):691-9. doi: 10.1097/OPX.0b013e318297da45. PubMed PMID: 23770655.
- 26: Gokhale M, Stahl U, Jalbert I. In situ osmometry: validation and effect of sample collection technique. *Optom Vis Sci.* 2013 Apr;90(4):359-65. doi: 10.1097/OPX.0b013e31828aaf10. PubMed PMID: 23518677.
- 27: Petznick A, Tan JH, Boo SK, Lee SY, Acharya UR, Tong L. Repeatability of a new method for measuring tear evaporation rates. *Optom Vis Sci.* 2013 Apr;90(4):366-71. doi: 10.1097/OPX.0b013e318288bdd1. PubMed PMID: 23435224.
- 28: Verkicharla PK, Mallen EA, Atchison DA. Repeatability and comparison of peripheral eye lengths with two instruments. *Optom Vis Sci.* 2013 Mar;90(3):215-22. doi: 10.1097/OPX.0b013e318282ccc4. PubMed PMID: 23376897.
- 29: Hon Y, Lam AK. Corneal deformation measurement using Scheimpflug noncontact tonometry. *Optom Vis Sci.* 2013 Jan;90(1):e1-8. doi: 10.1097/OPX.0b013e318279eb87. PubMed PMID: 23238261.
- 30: Schulle KL, Berntsen DA. Repeatability of on- and off-axis eye length measurements using the lenstar. *Optom Vis Sci.* 2013 Jan;90(1):16-22. doi: 10.1097/OPX.0b013e3182780bfd. PubMed PMID: 23208194; PubMed Central PMCID: PMC3534894.

- 31: Northey LC, Gifford P, Boneham GC. Comparison of topcon optical coherence tomography and ultrasound pachymetry. *Optom Vis Sci.* 2012 Dec;89(12):1708-14. doi: 10.1097/OPX.0b013e3182775c8c. PubMed PMID: 23190715.
- 32: Hardgrave N, Hatley J, Lewerenz D. Comparing LEA numbers low vision book and Feinbloom visual acuity charts. *Optom Vis Sci.* 2012 Nov;89(11):1611-8. doi: 10.1097/OPX.0b013e31826ab10a. PubMed PMID: 23026789.
- 33: Lee TT, Cho P. Repeatability of relative peripheral refraction in untreated and orthokeratology-treated eyes. *Optom Vis Sci.* 2012 Oct;89(10):1477-86. PubMed PMID: 22940780.
- 34: Kelly SA, Pang Y, Klemencic S. Reliability of the CSV-1000 in adults and children. *Optom Vis Sci.* 2012 Aug;89(8):1172-81. doi: 10.1097/OPX.0b013e318264097b. PubMed PMID: 22797510.
- 35: McMahon TT, Irving EL, Lee C. Accuracy and repeatability of self-measurement of interpupillary distance. *Optom Vis Sci.* 2012 Jun;89(6):901-7. doi: 10.1097/OPX.0b013e318257f37b. PubMed PMID: 22581116.
- 36: Penha AM, Burkhardt E, Schaeffel F, Feldkaemper MP. Ultrasonography and optical low-coherence interferometry compared in the chicken eye. *Optom Vis Sci.* 2012 Jun;89(6):916-21. doi: 10.1097/OPX.0b013e318257a255. PubMed PMID: 22561207.
- 37: Gifford P, Swarbrick HA. Repeatability of internal aberrometry with a new simultaneous capture aberrometer/corneal topographer. *Optom Vis Sci.* 2012 Jun;89(6):929-38. doi: 10.1097/OPX.0b013e31825017c4. PubMed PMID: 22543999.
- 38: Garrioch R, Langlo C, Dubis AM, Cooper RF, Dubra A, Carroll J. Repeatability of in vivo parafoveal cone density and spacing measurements. *Optom Vis Sci.* 2012 May;89(5):632-43. doi: 10.1097/OPX.0b013e3182540562. PubMed PMID: 22504330; PubMed Central PMCID: PMC3348369.
- 39: Lossing LA, Sinnott LT, Kao CY, Richdale K, Bailey MD. Measuring changes in ciliary muscle thickness with accommodation in young adults. *Optom Vis Sci.* 2012 May;89(5):719-26. doi: 10.1097/OPX.0b013e318252cad. PubMed PMID: 22504328; PubMed Central PMCID: PMC3348269.
- 41: Park Hn, Qazi Y, Tan C, Jabbar SB, Cao Y, Schmid G, Pardue MT. Assessment of axial length measurements in mouse eyes. *Optom Vis Sci.* 2012 Mar;89(3):296-303. doi: 10.1097/OPX.0b013e31824529e5. PubMed PMID: 22246334; PubMed Central PMCID: PMC3310398.
- 42: Lai XJ, Alexander J, Ho A, Yang Z, He M, Suttle C. Design and validation of a method for evaluation of interocular interaction. *Optom Vis Sci.* 2012 Feb;89(2):183-96. PubMed PMID: 22157978.
- 43: Orlansky G, Hopkins KB, Mitchell GL, Huang K, Frazier M, Heyman C, Scheiman M. Reliability of the developmental eye movement test. *Optom Vis Sci.* 2011 Dec;88(12):1507-19. doi: 10.1097/OPX.0b013e318230f03a. PubMed PMID: 21964661.
- 44: Haddad M, Morgan PB, Kelly JM, Maldonado-Codina C. A novel on-eye wettability analyzer for soft contact lenses. *Optom Vis Sci.* 2011 Oct;88(10):E1188-95. doi: 10.1097/OPX.0b013e318227e30d. PubMed PMID: 21804440.
- 45: Bittner AK, Jeter P, Dagnelie G. Grating acuity and contrast tests for clinical trials of severe vision loss. *Optom Vis Sci.* 2011 Oct;88(10):1153-63. doi: 10.1097/OPX.0b013e3182271638. PubMed PMID: 21747309; PubMed Central PMCID: PMC3183246.
- 46: Piñero DP, Sánchez-Pérez PJ, Alió JL. Repeatability of measurements obtained with a ray tracing aberrometer. *Optom Vis Sci.* 2011 Sep;88(9):1099-105. doi: 10.1097/OPX.0b013e3182223788. PubMed PMID: 21666525.
- 48: Huang J, Pesudovs K, Yu A, Wright T, Wen D, Li M, Yu Y, Wang Q. A comprehensive comparison of central corneal thickness measurement. *Optom Vis Sci.* 2011 Aug;88(8):940-9. doi: 10.1097/OPX.0b013e31821ffe2c. PubMed PMID: 21602731.

49: Chen FK, Patel PJ, Xing W, Crossland MD, Bunce C, Rubin GS, Da Cruz L. Intrasection repeatability of fixation stability assessment with the Nidek MP-1. *Optom Vis Sci.* 2011 Jun;88(6):742-50. doi: 10.1097/OPX.0b013e3182167641. PubMed PMID: 21460754.

52: Balasubramanian M, Bowd C, Weinreb RN, Zangwill LM. Agreement between the Heidelberg Retina Tomograph (HRT) stereometric parameters estimated using HRT-I and HRT-II. *Optom Vis Sci.* 2011 Jan;88(1):140-9. doi: 10.1097/OPX.0b013e3181fc3467. PubMed PMID: 21037499; PubMed Central PMCID: PMC3014384.

53: Weise KK, Marsh-Tootle W, Corliss D. Evaluation of computer-based testing for aniseikonia in children. *Optom Vis Sci.* 2010 Nov;87(11):883-9. doi: 10.1097/OPX.0b013e3181f6f74a. PubMed PMID: 20871470.

54: Keech A, Simpson T, Jones L. Repeatability of pachymetry and thinnest point localization using a fourier-domain optical coherence tomographer. *Optom Vis Sci.* 2010 Oct;87(10):736-41. doi: 10.1097/OPX.0b013e3181f321aa. PubMed PMID: 20838351

Ophthalmic & Physiological Optics (OPO)

1: Lam AK, Hon Y, Leung LK, Lam DC. Repeatability of a novel corneal indentation device for corneal biomechanical measurement. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2015 Jul;35(4):455-61. doi: 10.1111/opo.12219. PubMed PMID: 26094834.

3: Campbell P, Redmond T, Agarwal R, Marshall LR, Evans BJ. Repeatability and comparison of clinical techniques for anterior chamber angle assessment. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2015 Mar;35(2):170-8. doi: 10.1111/opo.12200. PubMed PMID: 25761580.

6: Rohit A, Ehrmann K, Naduvilath T, Willcox M, Stapleton F. Validating a new device for measuring tear evaporation rates. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2014 Jan;34(1):53-62. doi: 10.1111/opo.12096. Epub 2013 Nov 10. PubMed PMID: 24205915.

8: Flores-Rodríguez P, Gili P, Martín-Ríos MD, Grifol-Clar E. Comparison of optic area measurement using fundus photography and optical coherence tomography between optic nerve head drusen and control subjects. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2013 Mar;33(2):164-71. doi: 10.1111/opo.12017. Epub 2013 Jan 12. PubMed PMID: 23311663.

9: Ogbuehi KC, Mucke S, Osuagwu UL. Influence of central corneal thickness on measured intraocular pressure differentials: Nidek RKT-7700, Topcon CT-80 NCTs and Goldmann Tonometer. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2012 Nov;32(6):547-55. doi: 10.1111/j.1475-1313.2012.00945.x. Epub 2012 Sep 26. PubMed PMID: 23009324.

10: Pearson RM, Evans BJ. A comparison of in-air and in-saline focimeter measurement of the back vertex power of spherical soft contact lenses. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2012 Nov;32(6):508-17. doi: 10.1111/j.1475-1313.2012.00932.x. Epub 2012 Sep 7. PubMed PMID: 22958210.

11: Hon Y, Cheung SW, Cho P, Lam AK. Repeatability of corneal biomechanical measurements in children wearing spectacles and orthokeratology lenses. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2012 Jul;32(4):349-54. doi: 10.1111/j.1475-1313.2012.00920.x. Epub 2012 Jun 1. PubMed PMID: 22671032.

12: León AÁ, Medrano SM, Rosenfield M. A comparison of the reliability of dynamic retinoscopy and subjective measurements of amplitude of accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2012 Mar;32(2):133-41. doi: 10.1111/j.1475-1313.2012.00891.x. Epub 2012 Jan 23. PubMed PMID: 22268597.

13: Rosenfield M, Hue JE, Huang RR, Bababekova Y. The effects of induced oblique astigmatism on symptoms and reading performance while viewing a computer screen. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2012 Mar;32(2):142-8. doi: 10.1111/j.1475-1313.2011.00887.x. Epub 2011 Dec 10. PubMed PMID: 22150631.

14: Jinabhai A, Radhakrishnan H, O'Donnell C. Repeatability of ocular aberration measurements in patients with keratoconus. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2011 Nov;31(6):588-94. doi: 10.1111/j.1475-1313.2011.00868.x. Epub 2011 Sep 21. PubMed PMID: 21936862.

- 16: Shah N, Dakin SC, Redmond T, Anderson RS. Vanishing Optotype acuity: repeatability and effect of the number of alternatives. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2011 Jan;31(1):17-22. doi: 10.1111/j.1475-1313.2010.00806.x. PubMed PMID: 21158882.
- 17: Sheppard AL, Davies LN. Clinical evaluation of the Grand Seiko Auto Ref/Keratometer WAM-5500. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2010 Mar;30(2):143-51. doi: 10.1111/j.1475-1313.2009.00701.x. Epub 2009 Dec 9. PubMed PMID: 20444118.
- 19: Antona B, Sanchez I, Barrio A, Barra F, Gonzalez E. Intra-examiner repeatability and agreement in accommodative response measurements. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2009 Nov;29(6):606-14. doi: 10.1111/j.1475-1313.2009.00679.x. Epub 2009 Aug 3. PubMed PMID: 19663924.
- 21: Walsh G, Pearce EI. The difference between belief and reality for Viktorin's method of inter-pupillary distance measurement. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2009 Mar;29(2):150-4. doi: 10.1111/j.1475-1313.2008.00619.x. PubMed PMID: 19236584.
- 22: van der Veen RL, Berendschot TT, Hendrikse F, Carden D, Makridaki M, Murray IJ. A new desktop instrument for measuring macular pigment optical density based on a novel technique for setting flicker thresholds. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2009 Mar;29(2):127-37. doi: 10.1111/j.1475-1313.2008.00618.x. PubMed PMID: 19236582.
- 24: Antona B, Barrio A, Barra F, Gonzalez E, Sanchez I. Repeatability and agreement in the measurement of horizontal fusional vergences. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2008 Sep;28(5):475-91. doi: 10.1111/j.1475-1313.2008.00583.x. PubMed PMID: 18761485.
- 25: Rehnman JB, Martin L. Comparison of rebound and applanation tonometry in the management of patients treated for glaucoma or ocular hypertension. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2008 Jul;28(4):382-6. doi: 10.1111/j.1475-1313.2008.00571.x. PubMed PMID: 18565094.
- 26: MacKenzie GE. Reproducibility of sphero-cylindrical prescriptions. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2008 Mar;28(2):143-50. doi: 10.1111/j.1475-1313.2008.00549.x. PubMed PMID: 18339045.
- 28: Strauss RW, Krieglstein TR, Priglinger SG, Reis W, Ulbig MW, Kampik A, Neubauer AS. Image quality characteristics of a novel colour scanning digital ophthalmoscope (SDO) compared with fundus photography. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2007 Nov;27(6):611-8. PubMed PMID: 17956367.
- 29: Queirós A, González-Méijome JM, Fernandes P, Jorge J, Almeida JB, Parafita MA. Technical note: Accuracy and repeatability of a new portable ultrasound pachymeter. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2007 Mar;27(2):190-3. PubMed PMID: 17324209.
- 30: Stewart CE, Hussey A, Davies N, Moseley MJ. Comparison of logMAR ETDRS chart and a new computerised staircased procedure for assessment of the visual acuity of children. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2006 Nov;26(6):597-601. PubMed PMID: 17040424.
- 31: Regine F, Scuderi GL, Cesareo M, Ricci F, Cedrone C, Nucci C. Validity and limitations of the Nidek NT-4000 non-contact tonometer: a clinical study. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2006 Jan;26(1):33-9. PubMed PMID: 16390480.
- 32: Neubauer AS, Krieglstein TR, Chrysafis C, Thiel M, Kampik A. Comparison of optical coherence tomography and fundus photography for measuring the optic disc size. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2006 Jan;26(1):13-8. PubMed PMID: 16390477.
- 33: Naruse S, Mori K, Kinoshita S. Evaluation of the pressure phosphene tonometer as a self-tonometer. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2005 Sep;25(5):421-8. PubMed PMID: 16101948.
- 34: Herse P, Hans A, Hall J, Langejans J, Markoulli M. The Proview Eye Pressure Monitor: influence of clinical factors on accuracy and agreement with the Goldmann tonometer. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2005 Sep;25(5):416-20. PubMed PMID: 16101947.
- 35: Golebiowski B, Papas E, Stapleton F. Corneal mechanical sensitivity measurement using a staircase technique. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2005 May;25(3):246-53. PubMed PMID: 15854072.

36: Lam AK, Lam CH, Chan R. The validity of a digital eyelid tonometer (TGDc-01) and its comparison with Goldmann applanation tonometry - a pilot study. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2005 May;25(3):205-10. PubMed PMID: 15854065.

37: Dunne MC, Davies LN, Mallen EA, Kirschkamp T, Barry JC. Non-invasive phakometric measurement of corneal and crystalline lens alignment in human eyes. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2005 Mar;25(2):143-52. PubMed PMID: 15713206.

38: Bartlett H, Davies LN, Eperjesi F. Reliability, normative data, and the effect of age-related macular disease on the Eger Macular Stressometer photostress recovery time. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2004 Nov;24(6):594-9. PubMed PMID: 15491488.

39: Tang CY, Yip HS, Poon MY, Yau WL, Yap MK. Macular pigment optical density in young Chinese adults. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2004 Nov;24(6):586-93. PubMed PMID: 15491487.

40: Cho P, Woo GC. Repeatability of the Waterloo Four-Contrast LogMAR Visual Acuity chart and Near Vision Test card on a group of normal young adults. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2004 Sep;24(5):427-35. PubMed PMID: 15315657.

41: Davies LN, Bartlett HE, Dunne MC. Cling film as a barrier against CJD in Goldmann-type applanation tonometry. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2004 Jan;24(1):27-34. PubMed PMID: 14687198.

42: Lee TT, Lam AK, Chan BL. Anterior chamber angle measurement with Anterior Eye Segment analysis system Nidek EAS-1000: improving the repeatability. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2003 Sep;23(5):423-8. PubMed PMID: 12950888.

43: Aakre BM, Doughty MJ, Dalane OV, Berg A, Aamodt Ø, Gangstad H. Assessment of reproducibility of measures of intraocular pressure and central corneal thickness in young white adults over a 16-h time period. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2003 May;23(3):271-83. PubMed PMID: 12753484.

44: McClelland JF, Saunders KJ. The repeatability and validity of dynamic retinoscopy in assessing the accommodative response. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2003 May;23(3):243-50. PubMed PMID: 12753480. 45: Rani A, Dunne MC, Barnes DA. Cling film as a barrier against CJD in corneal contact A-scan ultrasonography. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2003 Jan;23(1):9-12. PubMed PMID: 12535051.

46: Lam AK, Chan R, Woo GC, Pang PC, Chiu R. Intra-observer and inter-observer repeatability of anterior eye segment analysis system (EAS-1000) in anterior chamber configuration. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2002 Nov;22(6):552-9. PubMed PMID: 12477020.

47: Adams RJ, Dalton SM, Murphy AM, Hall HL, Courage ML. Testing young infants with the Welch Allyn suresight non-cycloplegic autorefractor. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2002 Nov;22(6):546-51. PubMed PMID: 12477019.

48: Cho P, Cheung SW. Repeatability of corneal thickness measurements made by a scanning slit topography system. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2002 Nov;22(6):505-10. PubMed PMID: 12477014.

49: Lam AK, Chan R, Pang PC. The repeatability and accuracy of axial length and anterior chamber depth measurements from the IOLMaster . *Ophthalmic Physiol Opt.* 2001 Nov;21(6):477-83. PubMed PMID: 11727876.

50: Wolffsohn JS, Napper GA, Ho SM, Jaworski A, Pollard TL. Improving the description of the retinal vasculature and patient history taking for monitoring systemic hypertension. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2001 Nov;21(6):441-9. PubMed PMID: 11727872.

51: Raasch TW, Schechtman KB, Davis LJ, Zadnik K; CLEK Study Group. Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus Study. Repeatability of subjective refraction in myopic and keratoconic subjects: results of vector analysis. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2001 Sep;21(5):376-83. PubMed PMID: 11563425.

52: Chat SW, Edwards MH. Clinical evaluation of the Shin-Nippon SRW-5000 autorefractor in children. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2001 Mar;21(2):87-100. PubMed PMID: 11261351.

53: Mallen EA, Wolffsohn JS, Gilmartin B, Tsujimura S. Clinical evaluation of the Shin-Nippon SRW-5000 autorefractor in adults. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2001 Mar;21(2):101-7. PubMed PMID: 11261343.

54: Naeser K, Guo S. Precision of autokeratometry expressed as confidence ellipses in Euclidian 2-space. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2000 Mar;20(2):160-8. PubMed PMID: 10829140.

55: Osuobeni EP, Oduwaiye KA, Ogbuehi KC. Intra-observer repeatability and inter-observer agreement of the Smith method of measuring the anterior chamber depth. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2000 Mar;20(2):153-9. PubMed PMID: 10829139.

56: Holland BJ, Siderov J. Repeatability of measurements of interpupillary distance. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1999 Jan;19(1):74-8. PubMed PMID: 10615442.

57: Murphy PJ, Lawrenson JG, Patel S, Marshall J. Reliability of the non-contact corneal aesthesiometer and its comparison with the Cochet-Bonnet aesthesiometer. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1998 Nov;18(6):532-9. PubMed PMID: 10070549.

58: German EJ, Hurst MA, Wood D. Evaluation of the pinhole pupillometer. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1998 Nov;18(6):484-94. PubMed PMID: 10070543.

60: Elliott M, Simpson T, Richter D, Fonn D. Repeatability and comparability of automated keratometry: the Nikon NRK-8000, the Nidek KM-800 and the Bausch and Lomb keratometer. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1998 May;18(3):285-93. PubMed PMID: 9829116.

Journal of Refractive Surgery (JRS)

1: Nemeth G, Szalai E, Hassan Z, Lipecz A, Berta A, Modis L Jr. Repeatability data and agreement of keratometry with the VERION system compared to the IOLMaster. *J Refract Surg.* 2015 May;31(5):333-7. doi: 10.3928/1081597X-20150424-01. PubMed PMID: 25974973.

2: Klijn S, Reus NJ, Sicam VA. Evaluation of keratometry with a novel Color-LED corneal topographer. *J Refract Surg.* 2015 Apr;31(4):249-56. doi: 10.3928/1081597X-20150212-01. PubMed PMID: 25884580.

3: Otero C, Vilaseca M, Arjona M, Martínez-Roda JA, Pujol J. Repeatability of aberrometric measurements with a new instrument for vision analysis based on adaptive optics. *J Refract Surg.* 2015 Mar;31(3):188-94. doi: 10.3928/1081597X-20150224-03. PubMed PMID: 25751836.

4: Hidalgo IR, Rozema JJ, Dhubhghaill SN, Zakaria N, Koppen C, Tassignon MJ. Repeatability and inter-device agreement for three different methods of keratometry: Placido, Scheimpflug, and color LED corneal topography. *J Refract Surg.* 2015 Mar;31(3):176-81. doi: 10.3928/1081597X-20150224-01. PubMed PMID: 25751834.

5: Kasthurirangan S, Feuchter L, Smith P, Nixon D. Software-based evaluation of toric IOL orientation in a multicenter clinical study. *J Refract Surg.* 2014 Dec;30(12):820-6. doi: 10.3928/1081597X-20141117-01. PubMed PMID: 25437480.

6: Tian L, Ko MW, Wang LK, Zhang JY, Li TJ, Huang YF, Zheng YP. Assessment of ocular biomechanics using dynamic ultra high-speed Scheimpflug imaging in keratoconic and normal eyes. *J Refract Surg.* 2014 Nov;30(11):785-91. doi: 10.3928/1081597X-20140930-01. Epub 2014 Oct 7. PubMed PMID: 25291757.

7: Hernández-Camarena JC, Chirinos-Saldaña P, Navas A, Ramirez-Miranda A, de la Mota A, Jimenez-Corona A, Graue-Hernandez EO. Repeatability, reproducibility, and agreement between three different Scheimpflug systems in measuring corneal and anterior segment biometry. *J Refract Surg.* 2014 Sep;30(9):616-21. PubMed PMID: 25250418.

8: Guilbert E, Saad A, Gatinel D. AcuTarget measurements: repeatability and comparison to OPD-Scan III. *J Refract Surg.* 2014 Mar;30(3):180-5. doi: 10.3928/1081597X-20140217-05. PubMed PMID: 24763722.

9: Aptel F, Chiquet C, Gimbert A, Romanet JP, Thuret G, Gain P, Campolmi N. Anterior segment biometry using spectral-domain optical coherence tomography. *J Refract Surg.* 2014 May;30(5):354-60. doi: 10.3928/1081597X-20140326-01. Epub 2014 Apr 2. PubMed PMID: 24694582.

10: Landoulsi H, Saad A, Haddad NN, Guilbert E, Gatinel D. Repeatability of Ocular Response Analyzer waveform parameters in normal eyes and eyes after refractive surgery. *J Refract Surg.* 2013 Oct;29(10):709-14. doi: 10.3928/1081597X-20130919-04. PubMed PMID: 24094311.

12: Nemeth G, Hassan Z, Csutak A, Szalai E, Berta A, Modis L Jr. Repeatability of ocular biomechanical data measurements with a Scheimpflug-based noncontact device on normal corneas. *J Refract Surg.* 2013 Aug;29(8):558-63. doi: 10.3928/1081597X-20130719-06. PubMed PMID: 23909783.

15: Nasser CK, Singer R, Barkana Y, Zadok D, Avni I, Goldich Y. Repeatability of the Sirius imaging system and agreement with the Pentacam HR. *J Refract Surg.* 2012 Jul;28(7):493-7. doi: 10.3928/1081597X-20120619-01. PubMed PMID: 22767167.

17: Srivannaboon S, Chotikavanich S, Chirapapaisan C, Kasemson S, Po-ngam W. Precision analysis of posterior corneal topography measured by Visante Omni: repeatability, reproducibility, and agreement with Orbscan II. *J Refract Surg.* 2012 Feb;28(2):133-8. doi: 10.3928/1081597X-20111122-03. Epub 2011 Dec 2. PubMed PMID: 22149665.

19: Piñero DP, Juan JT, Alió JL. Intrasubject repeatability of internal aberrometry obtained with a new integrated aberrometer. *J Refract Surg.* 2011 Jul;27(7):509-17. doi: 10.3928/1081597X-20101214-01. Epub 2010 Dec 15. PubMed PMID: 21188958.

20: Savini G, Olsen T, Carbonara C, Pazzaglia S, Barboni P, Carbonelli M, Hoffer KJ. Anterior chamber depth measurement in pseudophakic eyes: a comparison of Pentacam and ultrasound. *J Refract Surg.* 2010 May;26(5):341-7. doi: 10.3928/1081597X-20090617-02. Epub 2010 May 19. PubMed PMID: 20506991.

21: Schallenberg M, Bangre V, Steuhl KP, Kremmer S, Selbach JM. Comparison of the Colvard, Procyon, and Neuroptics pupillometers for measuring pupil diameter under low ambient illumination. *J Refract Surg.* 2010 Feb;26(2):134-43. doi: 10.3928/1081597X-20100121-09. Epub 2010 Feb 12. PubMed PMID: 20163078.

22: Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M, Silverman RH, Coleman DJ. Repeatability of layered corneal pachymetry with the artemis very high-frequency digital ultrasound arc-scanner. *J Refract Surg.* 2010 Sep;26(9):646-59. doi: 10.3928/1081597X-20091105-01. Epub 2009 Nov 16. PubMed PMID: 19928698; PubMed Central PMCID: PMC4464782.

23: Kawamorita T, Nakayama N, Uozato H. Repeatability and reproducibility of corneal curvature measurements using the Pentacam and Keratron topography systems. *J Refract Surg.* 2009 Jun;25(6):539-44. PubMed PMID: 19603622.

24: Douthwaite WA, Parkinson A. Precision of orbscan II assessment of anterior corneal curvature and asphericity. *J Refract Surg.* 2009 May;25(5):435-43. PubMed PMID: 19507796.

25: Knapp S, Awwad ST, Ghali C, McCulley JP. Ocular aberrations measured by the Fourier-based WaveScan and Zernike-based LADARWave Hartmann-Shack aberrometers. *J Refract Surg.* 2009 Feb;25(2):201-9. PubMed PMID: 19241771.

27: Cerviño A, Hosking SL, Montés-Micó R. Comparison of higher order aberrations measured by NIDEK OPD-Scan dynamic skiascopy and Zeiss WASCA Hartmann-Shack aberrometers. *J Refract Surg.* 2008 Oct;24(8):790-6. PubMed PMID: 18856232.

28: Wang JC, Bunce C, Lee HM. Intraoperative corneal thickness measurement using optical coherence pachymetry and corneo-gage plus ultrasound pachymetry. *J Refract Surg.* 2008 Jun;24(6):610-4. PubMed PMID: 18581787.

30: Spadea L, Giammaria D, Di Genova L, Fiasca A. Comparison of optical low coherence reflectometry and ultrasound pachymetry in the measurement of central corneal thickness before and after photorefractive keratectomy. *J Refract Surg.* 2007 Sep;23(7):661-6. PubMed PMID: 17912935.

31: Pesudovs K. Takagi Glare Tester CGT-1000 for contrast sensitivity and glare testing in normal individuals and cataract patients. *J Refract Surg.* 2007 May;23(5):492-8. PubMed PMID: 17523512.

32: Lee JY, Kim JH, Kim HM, Song JS. Comparison of anterior chamber depth measurement between Orbscan IIz and ultrasound biomicroscopy. *J Refract Surg.* 2007 May;23(5):487-91. PubMed PMID: 17523511.

- 38: Holzer MP, Sassenroth M, Auffarth GU. Reliability of corneal and total wavefront aberration measurements with the SCHWIND Corneal and Ocular Wavefront Analyzers. J Refract Surg. 2006 Nov;22(9):917-20. PubMed PMID: 17124889.
- 39: Burakgazi AZ, Tinio B, Bababyan A, Niksarli KK, Asbell P. Higher order aberrations in normal eyes measured with three different aberrometers. J Refract Surg. 2006 Nov;22(9):898-903. PubMed PMID: 17124885.
- 40: Steinert RF. The effects of automated registration on aberration measurement with the LADARWave aberrometer. J Refract Surg. 2005 Nov-Dec;21(6):S769-71. PubMed PMID: 16329377.
- 42: Donnenfeld E. The pupil is a moving target: centration, repeatability, and registration. J Refract Surg. 2004 Sep-Oct;20(5):S593-6. PubMed PMID: 15523981.
- 43: Cheng AC, Lam DS. Comparison of the Colvard pupillometer and the Zywave for measuring scotopic pupil diameter. J Refract Surg. 2004 May-Jun;20(3):248-52. PubMed PMID: 15188902.
- 46: Gobbe M, Guillon M, Maissa C. Measurement repeatability of corneal aberrations. J Refract Surg. 2002 Sep-Oct;18(5):S567-71. PubMed PMID: 12361159.
- 47: Walline JJ, Kinney KA, Zadnik K, Mutti DO. Repeatability and validity of astigmatism measurements. J Refract Surg. 1999 Jan-Feb;15(1):23-31. PubMed PMID: 9987720.
- 48: Pardhan S, Douthwaite WA. Comparison of videokeratoscope and autokeratometer measurements on ellipsoid surfaces and human corneas. J Refract Surg. 1998 Jul-Aug;14(4):414-9. PubMed PMID: 9699165.
- 50: Zadnik K, Friedman NE, Mutti DO. Repeatability of corneal topography: the "corneal field". J Refract Surg. 1995 Mar-Apr;11(2):119-25. Erratum in: J Refract Surg 1995 May-Jun;11(3):164. PubMed PMID: 7634141.

Journal of Cataract & Refractive Surgery (JCRS)

- 1: Hashemi H, Yekta A, Khabazkhoob M. Effect of keratoconus grades on repeatability of keratometry readings: Comparison of 5 devices. J Cataract Refract Surg. 2015 May;41(5):1065-72. doi: 10.1016/j.jcrs.2014.08.043. PubMed PMID: 26049838.
- 2: Gabriel C, Klaproth OK, Titke C, Baumeister M, Bühren J, Kohnen T. Repeatability of topographic and aberrometric measurements at different accommodative states using a combined topographer and open-view aberrometer. J Cataract Refract Surg. 2015 Apr;41(4):806-11. doi: 10.1016/j.jcrs.2014.07.037. PubMed PMID: 25840305.
- 3: Shah JM, Han D, Htoon HM, Mehta JS. Intraobserver repeatability and interobserver reproducibility of corneal measurements in normal eyes using an optical coherence tomography-Placido disk device. J Cataract Refract Surg. 2015 Feb;41(2):372-81. doi: 10.1016/j.jcrs.2014.05.044. PubMed PMID: 25661131.
- 4: Yağcı R, Güler E, Kulak AE, Erdoğan BD, Balcı M, Hepşen İF. Repeatability and reproducibility of a new optical biometer in normal and keratoconic eyes. J Cataract Refract Surg. 2015 Jan;41(1):171-7. doi: 10.1016/j.jcrs.2014.04.039. PubMed PMID: 25532643.
- 5: Wang Q, Ding X, Savini G, Chen H, Feng Y, Pan C, Hua Y, Huang J. Anterior chamber depth measurements using Scheimpflug imaging and optical coherence tomography: repeatability, reproducibility, and agreement. J Cataract Refract Surg. 2015 Jan;41(1):178-85. doi: 10.1016/j.jcrs.2014.04.038. Epub 2014 Nov 18. PubMed PMID: 25465212.
- 6: Cerviño A, Dominguez-Vicent A, Ferrer-Blasco T, García-Lázaro S, Albarrán-Diego C. Intrasubject repeatability of corneal power, thickness, and wavefront aberrations with a new version of a dual rotating Scheimpflug-Placido system. J Cataract Refract Surg. 2015 Jan;41(1):186-92. doi: 10.1016/j.jcrs.2014.04.037. Epub 2014 Nov 18. PubMed PMID: 25465211.

- 7: Weiner X, Baumeister M, Kohnen T, Bühren J. Repeatability of lens densitometry using Scheimpflug imaging. *J Cataract Refract Surg.* 2014 May;40(5):756-63. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.10.039. PubMed PMID: 24767909.
- 8: Srivannaboon S, Chirapapaisan C, Chonpimai P, Koodkaew S. Comparison of ocular biometry and intraocular lens power using a new biometer and a standard biometer. *J Cataract Refract Surg.* 2014 May;40(5):709-15. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.09.020. Epub 2014 Mar 18. PubMed PMID: 24656166.
- 9: Reinstein DZ, Yap TE, Carp GI, Archer TJ, Gobbe M; London Vision Clinic optometric group. Reproducibility of manifest refraction between surgeons and optometrists in a clinical refractive surgery practice. *J Cataract Refract Surg.* 2014 Mar;40(3):450-9. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.08.053. PubMed PMID: 24581774.
- 10: Bayhan HA, Aslan Bayhan S, Muhafiz E, Can I. Repeatability of aberrometric measurements in normal and keratoconus eyes using a new Scheimpflug-Placido topographer. *J Cataract Refract Surg.* 2014 Feb;40(2):269-75. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.07.046. Epub 2013 Dec 22. PubMed PMID: 24368115.
- 11: de Jong T, Sheehan MT, Dubbelman M, Koopmans SA, Jansonius NM. Shape of the anterior cornea: comparison of height data from 4 corneal topographers. *J Cataract Refract Surg.* 2013 Oct;39(10):1570-80. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.04.032. Epub 2013 Aug 12. PubMed PMID: 23945029.
- 12: Bullimore MA, Buehren T, Bissmann W. Agreement between a partial coherence interferometer and 2 manual keratometers. *J Cataract Refract Surg.* 2013 Oct;39(10):1550-60. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.03.034. Epub 2013 Jul 19. PubMed PMID: 23876813.
- 13: Mao X, Savini G, Zhuo Z, Feng Y, Zhang J, Wang Q, Chen H, Huang J. Repeatability, reproducibility, and agreement of corneal power measurements obtained with a new corneal topographer. *J Cataract Refract Surg.* 2013 Oct;39(10):1561-9. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.04.029. Epub 2013 Jul 13. PubMed PMID: 23860010.
- 14: Huang J, Lu W, Savini G, Hu L, Pan C, Wang J, Tan W, Chen J, Wang Q. Evaluation of corneal thickness using a Scheimpflug-Placido disk corneal analyzer and comparison with ultrasound pachymetry in eyes after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2013 Jul;39(7):1074-80. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.01.038. Epub 2013 May 13. PubMed PMID: 23680632.
- 15: Shen P, Zheng Y, Ding X, Liu B, Congdon N, Morgan I, He M. Biometric measurements in highly myopic eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2013 Feb;39(2):180-7. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.08.064. Epub 2012 Dec 7. PubMed PMID: 23228592.
- 16: Huang J, Savini G, Hu L, Hoffer KJ, Lu W, Feng Y, Yang F, Hu X, Wang Q. Precision of a new Scheimpflug and Placido-disk analyzer in measuring corneal thickness and agreement with ultrasound pachymetry. *J Cataract Refract Surg.* 2013 Feb;39(2):219-24. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.10.034. Epub 2012 Dec 3. PubMed PMID: 23218819.
- 17: Montalbán R, Alió JL, Javaloy J, Piñero DP. Intrasubject repeatability in keratoconus-eye measurements obtained with a new Scheimpflug photography-based system. *J Cataract Refract Surg.* 2013 Feb;39(2):211-8. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.10.033. Epub 2012 Dec 3. PubMed PMID: 23218818.
- 18: López-Miguel A, Martínez-Almeida L, González-García MJ, Coco-Martín MB, Sobrado-Calvo P, Maldonado MJ. Precision of higher-order aberration measurements with a new Placido-disk topographer and Hartmann-Shack wavefront sensor. *J Cataract Refract Surg.* 2013 Feb;39(2):242-9. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.08.061. Epub 2012 Nov 9. Erratum in: *J Cataract Refract Surg.* 2014 Sep;40(9):1576. PubMed PMID: 23142546.
- 19: Bhatt UK, Sheppard AL, Shah S, Dua HS, Mihashi T, Yamaguchi T, Wolffsohn JS. Design and validity of a miniaturized open-field aberrometer. *J Cataract Refract Surg.* 2013 Jan;39(1):36-40. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.08.052. Epub 2012 Oct 27. PubMed PMID: 23107833.
- 20: Visser N, Berendschot TT, Verbakel F, de Brabander J, Nuijts RM. Comparability and repeatability of corneal astigmatism measurements using different measurement technologies. *J Cataract Refract Surg.* 2012 Oct;38(10):1764-70. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.05.036. PubMed PMID: 22999600.
- 21: Aramberri J, Araiz L, Garcia A, Illarramendi I, Olmos J, Oyanarte I, Romay A, Vigara I. Dual versus single Scheimpflug camera for anterior segment analysis: Precision and agreement. *J Cataract Refract Surg.* 2012 Nov;38(11):1934-49. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.06.049. Epub 2012 Sep 18. PubMed PMID: 22995705.

- 22: Chen W, McAlinden C, Pesudovs K, Wang Q, Lu F, Feng Y, Chen J, Huang J. Scheimpflug-Placido topographer and optical low-coherence reflectometry biometer: repeatability and agreement. *J Cataract Refract Surg.* 2012 Sep;38(9):1626-32. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.04.031. Epub 2012 Jul 3. PubMed PMID: 22763002.
- 23: Guilbert E, Saad A, Grise-Dulac A, Gatineau D. Corneal thickness, curvature, and elevation readings in normal corneas: combined Placido-Scheimpflug system versus combined Placido-scanning-slit system. *J Cataract Refract Surg.* 2012 Jul;38(7):1198-206. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.01.033. PubMed PMID: 22727289.
- 24: Montalbán R, Piñero DP, Javaloy J, Alió JL. Intrasubject repeatability of corneal morphology measurements obtained with a new Scheimpflug photography-based system. *J Cataract Refract Surg.* 2012 Jun;38(6):971-7. doi: 10.1016/j.jcrs.2011.12.029. Epub 2012 Apr 26. PubMed PMID: 22541828.
- 25: López-Miguel A, Correa-Pérez ME, Miranda-Anta S, Iglesias-Cortiñas D, Coco-Martín MB, Maldonado MJ. Comparison of central corneal thickness using optical low-coherence reflectometry and spectral-domain optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg.* 2012 May;38(5):758-64. doi: 10.1016/j.jcrs.2011.11.039. Epub 2012 Mar 19. PubMed PMID: 22436868.
- 26: Kobashi H, Kamiya K, Igarashi A, Ishii R, Sato N, Wang G, Shimizu K. Comparison of corneal power, corneal astigmatism, and axis location in normal eyes obtained from an autokeratometer and a corneal topographer. *J Cataract Refract Surg.* 2012 Apr;38(4):648-54. doi: 10.1016/j.jcrs.2011.11.026. Epub 2012 Feb 18. PubMed PMID: 22342010.
- 27: Szalai E, Berta A, Hassan Z, Módis L Jr. Reliability and repeatability of swept-source Fourier-domain optical coherence tomography and Scheimpflug imaging in keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2012 Mar;38(3):485-94. doi: 10.1016/j.jcrs.2011.10.027. Epub 2012 Jan 20. PubMed PMID: 22261325.
- 28: Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Repeatability of intraoperative central corneal and residual stromal thickness measurement using a handheld ultrasound pachymeter. *J Cataract Refract Surg.* 2012 Feb;38(2):278-82. doi: 10.1016/j.jcrs.2011.08.037. Epub 2011 Dec 1. PubMed PMID: 22133548.
- 29: Huang H, Ding X, Wang D, Yang X, Wang D, He M. Desktop auxiliary apparatus for A-scan ultrasound: repeatability and validity. *J Cataract Refract Surg.* 2012 Jan;38(1):97-101. doi: 10.1016/j.jcrs.2011.07.029. Epub 2011 Nov 10. PubMed PMID: 22078119.
- 30: Savini G, Barboni P, Carbonelli M, Hoffer KJ. Repeatability of automatic measurements by a new Scheimpflug camera combined with Placido topography. *J Cataract Refract Surg.* 2011 Oct;37(10):1809-16. doi: 10.1016/j.jcrs.2011.04.033. PubMed PMID: 21852068.
- 31: Yokoyama S, Kojima T, Horai R, Ito M, Nakamura T, Ichikawa K. Repeatability of the ciliary sulcus-to-sulcus diameter measurement using wide-scanning-field ultrasound biomicroscopy. *J Cataract Refract Surg.* 2011 Jul;37(7):1251-6. doi: 10.1016/j.jcrs.2011.01.024. Epub 2011 May 12. PubMed PMID: 21570248.
- 32: Rosas Salaroli CH, Li Y, Zhang X, Tang M, Branco Ramos JL, Allemann N, Huang D. Repeatability of laser in situ keratomileusis flap thickness measurement by Fourier-domain optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg.* 2011 Apr;37(4):649-54. doi: 10.1016/j.jcrs.2010.10.047. PubMed PMID: 21420588; PubMed Central PMCID: PMC3063710.
- 33: Hall RC, Mohamed FK, Htoon HM, Tan DT, Mehta JS. Laser in situ keratomileusis flap measurements: Comparison between observers and between spectral-domain and time-domain anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg.* 2011 Mar;37(3):544-51. doi: 10.1016/j.jcrs.2010.10.037. PubMed PMID: 21333877.
- 34: Fukuda S, Kawana K, Yasuno Y, Oshika T. Repeatability and reproducibility of anterior chamber volume measurements using 3-dimensional corneal and anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg.* 2011 Mar;37(3):461-8. doi: 10.1016/j.jcrs.2010.08.053. PubMed PMID: 21333870.
- 35: Milla M, Piñero DP, Amparo F, Alió JL. Pachymetric measurements with a new Scheimpflug photography-based system: intraobserver repeatability and agreement with optical coherence tomography pachymetry. *J Cataract Refract Surg.* 2011 Feb;37(2):310-6. doi: 10.1016/j.jcrs.2010.08.038. PubMed PMID: 21241914.

- 36: Savini G, Carbonelli M, Barboni P, Hoffer KJ. Repeatability of automatic measurements performed by a dual Scheimpflug analyzer in unoperated and post-refractive surgery eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2011 Feb;37(2):302-9. doi: 10.1016/j.jcrs.2010.07.039. PubMed PMID: 21241913.
- 37: Tang M, Chen A, Li Y, Huang D. Corneal power measurement with Fourier-domain optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg.* 2010 Dec;36(12):2115-22. doi: 10.1016/j.jcrs.2010.07.018. PubMed PMID: 21111315; PubMed Central PMCID: PMC3005697.
- 38: Fukuda S, Kawana K, Yasuno Y, Oshika T. Repeatability and reproducibility of anterior ocular biometric measurements with 2-dimensional and 3-dimensional optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg.* 2010 Nov;36(11):1867-73. doi: 10.1016/j.jcrs.2010.05.024. PubMed PMID: 21029894.
- 39: Zhang Q, Jin W, Wang Q. Repeatability, reproducibility, and agreement of central anterior chamber depth measurements in pseudophakic and phakic eyes: optical coherence tomography versus ultrasound biomicroscopy. *J Cataract Refract Surg.* 2010 Jun;36(6):941-6. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.12.038. PubMed PMID: 20494765.
- 40: Li Y, Tang M, Zhang X, Salaroli CH, Ramos JL, Huang D. Pachymetric mapping with Fourier-domain optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg.* 2010 May;36(5):826-31. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.11.016. PubMed PMID: 20457376; PubMed Central PMCID: PMC2872166.
- 41: Wolffsohn JS, Buckhurst PJ. Objective analysis of toric intraocular lens rotation and centration. *J Cataract Refract Surg.* 2010 May;36(5):778-82. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.12.027. PubMed PMID: 20457369.
- 42: Kawamorita T, Uozato H, Kamiya K, Shimizu K. Relationship between ciliary sulcus diameter and anterior chamber diameter and corneal diameter. *J Cataract Refract Surg.* 2010 Apr;36(4):617-24. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.11.017. PubMed PMID: 20362854.
- 43: Hong YT, Kim SW, Kim EK, Kim TI. Contrast sensitivity measurement with 2 contrast sensitivity tests in normal eyes and eyes with cataract. *J Cataract Refract Surg.* 2010 Apr;36(4):547-52. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.10.048. PubMed PMID: 20362843.
- 44: Wang L, Shirayama M, Koch DD. Repeatability of corneal power and wavefront aberration measurements with a dual-Scheimpflug Placido corneal topographer. *J Cataract Refract Surg.* 2010 Mar;36(3):425-30. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.09.034. PubMed PMID: 20202540.
- 45: Saad A, Saab M, Gatinel D. Repeatability of measurements with a double-pass system. *J Cataract Refract Surg.* 2010 Jan;36(1):28-33. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.07.033. PubMed PMID: 20117702.
- 46: Kirkwood BJ, Hendicott PL, Read SA, Pesudovs K. Repeatability and validity of lens densitometry measured with Scheimpflug imaging. *J Cataract Refract Surg.* 2009 Jul;35(7):1210-5. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.03.017. PubMed PMID: 19545810.
- 47: Read SA, Collins MJ, Iskander DR, Davis BA. Corneal topography with Scheimpflug imaging and videokeratography: comparative study of normal eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2009 Jun;35(6):1072-81. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.01.020. PubMed PMID: 19465294.
- 48: Kawamorita T, Uozato H, Kamiya K, Bax L, Tsutsui K, Aizawa D, Shimizu K. Repeatability, reproducibility, and agreement characteristics of rotating Scheimpflug photography and scanning-slit corneal topography for corneal power measurement. *J Cataract Refract Surg.* 2009 Jan;35(1):127-33. doi: 10.1016/j.jcrs.2008.10.019. PubMed PMID: 19101435.
- 49: Piñero DP, Saenz González C, Alió JL. Intraobserver and interobserver repeatability of curvature and aberrometric measurements of the posterior corneal surface in normal eyes using Scheimpflug photography. *J Cataract Refract Surg.* 2009 Jan;35(1):113-20. doi: 10.1016/j.jcrs.2008.10.010. PubMed PMID: 19101433.
- 50: von Jagow B, Kohnen T. Corneal architecture of femtosecond laser and microkeratome flaps imaged by anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg.* 2009 Jan;35(1):35-41. doi:10.1016/j.jcrs.2008.09.013. PubMed PMID: 19101422.

Investigative Ophthalmology & Visual Science (IOVS)

1: Lee HJ, Kim MS, Jo YJ, Kim JY. Thickness of the Macula, Retinal Nerve Fiber Layer, and Ganglion Cell Layer in the Epiretinal Membrane: The Repeatability Study of Optical Coherence Tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015 Jul 1;56(8):4554-4559. doi: 10.1167/iovs.15-16949. PubMed PMID: 26200495.

3: Fukuda S, Kishino G, Hoshi S, Beheregaray S, Ueno Y, Fukuda M, Kasaragod D, Yasuno Y, Oshika T. Repeatability of corneal phase retardation measurements by polarization-sensitive optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015 May 1;56(5):3196-201. doi: 10.1167/iovs.14-16327. PubMed PMID: 26024103.

4: Wu Z, Jung CJ, Ayton LN, Luu CD, Guymer RH. Test-Retest Repeatability of Microperimetry at the Border of Deep Scotomas. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015 Apr 1;56(4):2606-11. doi: 10.1167/iovs.14-15977. PubMed PMID: 25813990.

5: Bedell HE, Pratt JD, Krishnan A, Kisilevsky E, Brin TA, González EG, Steinbach MJ, Tarita-Nistor L. Repeatability of Nidek MP-1 Fixation Measurements in Patients With Bilateral Central Field Loss. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015 Apr 1;56(4):2624-30. doi: 10.1167/iovs.15-16511. PubMed PMID: 25788656.

9: Bhuiyan A, Cheung CY, Frost S, Lamoureux E, Mitchell P, Kanagasalingam Y, Wong TY. Development and reliability of retinal arteriolar central light reflex quantification system: a new approach for severity grading. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014 Oct 30;55(12):7975-81. doi: 10.1167/iovs.14-14125. PubMed PMID: 25358734.

10: Tayyari F, Yusof F, Vymyslicky M, Tan O, Huang D, Flanagan JG, Hudson C. Variability and repeatability of quantitative, Fourier-domain optical coherence tomography Doppler blood flow in young and elderly healthy subjects. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014 Oct 21;55(12):7716-25. doi: 10.1167/iovs.14-14430. PubMed PMID: 25335983.

14: Matlach J, Wagner M, Malzahn U, Göbel W. Repeatability of peripapillary retinal nerve fiber layer and inner retinal thickness among two spectral domain optical coherence tomography devices. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014 Sep 16;55(10):6536-46. doi: 10.1167/iovs.14-15072. PubMed PMID: 25228545.

17: Shetty R, Arora V, Jayadev C, Nuijts RM, Kumar M, Puttaiah NK, Kummelil MK. Repeatability and agreement of three Scheimpflug-based imaging systems for measuring anterior segment parameters in keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014 Jul 29;55(8):5263-8. doi: 10.1167/iovs.14-15055. PubMed PMID: 25074774.

23: Creuzot-Garcher C, Koehrer P, Picot C, Aho S, Bron AM. Comparison of two methods to measure macular pigment optical density in healthy subjects. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014 May 2;55(5):2941-6. doi: 10.1167/iovs.13-13568. PubMed PMID: 24576878.

26: Matsuo Y, Sakamoto T, Yamashita T, Tomita M, Shirasawa M, Terasaki H. Comparisons of choroidal thickness of normal eyes obtained by two different spectral-domain OCT instruments and one swept-source OCT instrument. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013 Nov 19;54(12):7630-6. doi: 10.1167/iovs.13-13135. PubMed PMID: 24168999.

27: Wu Z, Ayton LN, Guymer RH, Luu CD. Intrasection test-retest variability of microperimetry in age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013 Nov 11;54(12):7378-85. doi: 10.1167/iovs.13-12617. PubMed PMID: 24135753.

28: Dorr M, Lesmes LA, Lu ZL, Bex PJ. Rapid and reliable assessment of the contrast sensitivity function on an iPad. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013 Nov 5;54(12):7266-73. doi: 10.1167/iovs.13-11743. PubMed PMID: 24114545.

29: Garcia-Martin E, Fernandez J, Gil-Arribas L, Polo V, Larrosa JM, Otin S, Fuertes I, Pablo L. Effect of cataract surgery on optical coherence tomography measurements and repeatability in patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013 Aug 7;54(8):5303-12. doi: 10.1167/iovs.13-12390. PubMed PMID: 23860762.

- 33: Lee K, Sonka M, Kwon YH, Garvin MK, Abramoff MD. Adjustment of the retinal angle in SD-OCT of glaucomatous eyes provides better intervisit reproducibility of peripapillary RNFL thickness. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013 Jul 18;54(7):4808-12. doi: 10.1167/iov.13-12211. PubMed PMID: 23788372; PubMed Central PMCID: PMC3720146.
- 36: Lee S, Fallah N, Forooghian F, Ko A, Pakzad-Vaezi K, Merkur AB, Kirker AW, Albani DA, Young M, Sarunic MV, Beg MF. Comparative analysis of repeatability of manual and automated choroidal thickness measurements in nonneovascular age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013 Apr 23;54(4):2864-71. doi: 10.1167/iov.12-11521. PubMed PMID: 23538060.
- 37: Sim DA, Keane PA, Mehta H, Fung S, Zarranz-Ventura J, Fruttiger M, Patel PJ, Egan CA, Tufail A. Repeatability and reproducibility of choroidal vessel layer measurements in diabetic retinopathy using enhanced depth optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013 Apr 23;54(4):2893-901. doi: 10.1167/iov.12-11085. PubMed PMID: 23538058.
- 40: Wall M, Doyle CK, Zamba KD, Artes P, Johnson CA. The repeatability of mean defect with size III and size V standard automated perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013 Feb 15;54(2):1345-51. doi: 10.1167/iov.12-10299. PubMed PMID: 23341012.
- 41: López-Miguel A, Martínez-Almeida L, Mateo ME, Coco-Martín MB, Alió JL, Maldonado MJ. Dependability of pachymetry measurements after myopic advanced surface ablation using scanning-slit topography and specular microscopy. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013 Feb 5;54(2):1054-60. doi: 10.1167/iov.12-11015. PubMed PMID: 23329670.
- 46: Zotter S, Pircher M, Götzinger E, Torzicky T, Yoshida H, Hirose F, Holzer S, Kroisamer J, Vass C, Schmidt-Erfurth U, Hitzinger CK. Measuring retinal nerve fiber layer birefringence, retardation, and thickness using wide-field, high-speed polarization sensitive spectral domain OCT. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013 Jan 7;54(1):72-84. doi: 10.1167/iov.12-10089. PubMed PMID: 23221076.
- 50: Comyn O, Heng LZ, Ikeji F, Bibi K, Hykin PG, Bainbridge JW, Patel PJ. Repeatability of Spectralis OCT measurements of macular thickness and volume in diabetic macular edema. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012 Nov 21;53(12):7754-9. doi: 10.1167/iov.12-10895. PubMed PMID: 23111610.
- 55: Bentley SA, LeBlanc RP, Nicoleta MT, Chauhan BC. Validity, reliability, and repeatability of the useful field of view test in persons with normal vision and patients with glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012 Oct 1;53(11):6763-9. doi: 10.1167/iov.12-9718. PubMed PMID: 22956614.
- 58: Huang JF, Zhang Y, Rittenhouse KD, Pickering EH, McDowell MT. Evaluations of tear protein markers in dry eye disease: repeatability of measurement and correlation with disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012 Jul 9;53(8):4556-64. doi: 10.1167/iov.11-9054. Erratum in: *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012 Nov;53(11):7168. PubMed PMID: 22695964.
- 60: Chhablani J, Barteselli G, Wang H, El-Emam S, Kozak I, Doede AL, Bartsch DU, Cheng L, Freeman WR. Repeatability and reproducibility of manual choroidal volume measurements using enhanced depth imaging optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012 Apr 24;53(4):2274-80. doi: 10.1167/iov.12-9435. PubMed PMID: 22427584; PubMed Central PMCID: PMC3995568.
- 61: Prakash G, Agarwal A, Mazhari AI, Chari M, Kumar DA, Kumar G, Singh B. Reliability and reproducibility of assessment of corneal epithelial thickness by fourier domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012 May 4;53(6):2580-5. doi: 10.1167/iov.11-8981. PubMed PMID: 22427573.
- 62: Correa-Pérez ME, López-Miguel A, Miranda-Anta S, Iglesias-Cortinas D, Alió JL, Maldonado MJ. Precision of high definition spectral-domain optical coherence tomography for measuring central corneal thickness. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012 Apr 6;53(4):1752-7. doi: 10.1167/iov.11-9033. PubMed PMID: 22395881.
- 65: Yamashita T, Yamashita T, Shirasawa M, Arimura N, Terasaki H, Sakamoto T. Repeatability and reproducibility of subfoveal choroidal thickness in normal eyes of Japanese using different SD-OCT devices. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012 Mar 1;53(3):1102-7. doi: 10.1167/iov.11-8836. PubMed PMID: 22247474.
- 66: Cideciyan AV, Swider M, Aleman TS, Feuer WJ, Schwartz SB, Russell RC, Steinberg JD, Stone EM, Jacobson SG. Macular function in macular degenerations: repeatability of microperimetry as a potential

outcome measure for ABCA4-associated retinopathy trials. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012 Feb 21;53(2):841-52. doi: 10.1167/iops.11-8415. Print 2012 Feb. PubMed PMID: 22247458; PubMed Central PMCID: PMC3317423.

70: Bittner AK, Iftikhar MH, Dagnelie G. Test-retest, within-visit variability of Goldmann visual fields in retinitis pigmentosa. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011 Oct 11;52(11):8042-6. doi: 10.1167/iops.11-8321. PubMed PMID: 21896857; PubMed Central PMCID: PMC3208001.

72: McAlinden C, Khadka J, Pesudovs K. A comprehensive evaluation of the precision (repeatability and reproducibility) of the Oculus Pentacam HR. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011 Sep 29;52(10):7731-7. doi: 10.1167/iops.10-7093. PubMed PMID: 21810981.

75: Ivers KM, Li C, Patel N, Sredar N, Luo X, Queener H, Harwerth RS, Porter J. Reproducibility of measuring lamina cribrosa pore geometry in human and nonhuman primates with in vivo adaptive optics imaging. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011 Jul 23;52(8):5473-80. doi: 10.1167/iops.11-7347. PubMed PMID: 21546533; PubMed Central PMCID: PMC3176071.

77: Garcia-Martin E, Pueyo V, Pinilla I, Ara JR, Martin J, Fernandez J. Fourier-domain OCT in multiple sclerosis patients: reproducibility and ability to detect retinal nerve fiber layer atrophy. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011 Jun 13;52(7):4124-31. doi: 10.1167/iops.10-6643. PubMed PMID: 21436273.

78: Patel PJ, Chen FK, Da Cruz L, Rubin GS, Tufail A. Test-retest variability of reading performance metrics using MNREAD in patients with age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011 Jun 1;52(6):3854-9. doi: 10.1167/iops.10-6601. PubMed PMID: 21421873.

80: Rahman W, Chen FK, Yeoh J, Patel P, Tufail A, Da Cruz L. Repeatability of manual subfoveal choroidal thickness measurements in healthy subjects using the technique of enhanced depth imaging optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011 Apr 8;52(5):2267-71. doi: 10.1167/iops.10-6024. Print 2011 Apr. PubMed PMID: 21087970.

85: Visser N, Berendschot TT, Verbakel F, Tan AN, de Brabander J, Nuijts RM. Evaluation of the comparability and repeatability of four wavefront aberrometers. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011 Mar 10;52(3):1302-11. doi: 10.1167/iops.10-5841. PubMed PMID: 21051697.

91: Parravano M, Oddone F, Boccassini B, Menchini F, Chiaravalloti A, Schiavone M, Varano M. Reproducibility of macular thickness measurements using Cirrus SD-OCT in neovascular age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2010 Sep;51(9):4788-91. doi: 10.1167/iops.09-4976. Epub 2010 Apr 30. PubMed PMID: 20435585.

95: Maldonado MJ, López-Miguel A, Nieto JC, Cano-Parra J, Calvo B, Alió JL. Reliability of noncontact pachymetry after laser in situ keratomileusis. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2009 Sep;50(9):4135-41. doi: 10.1167/iops.09-3408. Epub 2009 Apr 8. PubMed PMID: 19357360.

96: Subramanian A, Pardhan S. Repeatability of reading ability indices in subjects with impaired vision. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2009 Aug;50(8):3643-7. doi: 10.1167/iops.08-2823. Epub 2009 Apr 1. PubMed PMID: 19339738. 98: Chen FK, Patel PJ, Xing W, Bunce C, Egan C, Tufail AT, Coffey PJ, Rubin GS, Da Cruz L. Test-retest variability of microperimetry using the Nidek MP1 in patients with macular disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2009 Jul;50(7):3464-72. doi: 10.1167/iops.08-2926. Epub 2009 Mar 25. PubMed PMID: 19324853.

100: Patel PJ, Chen FK, Rubin GS, Tufail A. Intersession repeatability of contrast sensitivity scores in age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2009 Jun;50(6):2621-5. doi: 10.1167/iops.08-2407. Epub 2009 Feb 14. PubMed PMID: 19218618.

101: Nagata A, Higashide T, Ohkubo S, Takeda H, Sugiyama K. In vivo quantitative evaluation of the rat retinal nerve fiber layer with optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2009 Jun;50(6):2809-15. doi: 10.1167/iops.08-2764. Epub 2009 Jan 31. PubMed PMID: 19182247.

104: Patel PJ, Chen FK, Rubin GS, Tufail A. Intersession repeatability of visual acuity scores in age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008 Oct;49(10):4347-52. doi: 10.1167/iops.08-1935. Epub 2008 Jun 19. PubMed PMID: 18566455.

105: Forooghian F, Cukras C, Meyerle CB, Chew EY, Wong WT. Evaluation of time domain and spectral domain optical coherence tomography in the measurement of diabetic macular edema. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2008 Oct;49(10):4290-6. doi: 10.1167/iops.08-2113. Epub 2008 May 30. PubMed PMID: 18515567; PubMed Central PMCID: PMC2574838.

106: Leung CK, Cheung CY, Weinreb RN, Lee G, Lin D, Pang CP, Lam DS. Comparison of macular thickness measurements between time domain and spectral domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2008 Nov;49(11):4893-7. doi: 10.1167/iops.07-1326. Epub 2008 Apr 30. PubMed PMID: 18450592.

108: Patel PJ, Chen FK, Ikeji F, Xing W, Bunce C, Da Cruz L, Tufail A. Repeatability of stratus optical coherence tomography measures in neovascular age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2008 Mar;49(3):1084-8. doi: 10.1167/iops.07-1203. PubMed PMID: 18326734.

109: Mohamed S, Lee GK, Rao SK, Wong AL, Cheng AC, Li EY, Chi SC, Lam DS. Repeatability and reproducibility of pachymetric mapping with Visante anterior segment-optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007 Dec;48(12):5499-504. PubMed PMID: 18055798.

110: Kim LS, McAnany JJ, Alexander KR, Fishman GA. Intersession repeatability of humphrey perimetry measurements in patients with retinitis pigmentosa. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007 Oct;48(10):4720-4. PubMed PMID: 17898296.

113: DeLeón Ortega JE, Sakata LM, Kakati B, McGwin G Jr, Monheit BE, Arthur SN, Girkin CA. Effect of glaucomatous damage on repeatability of confocal scanning laser ophthalmoscope, scanning laser polarimetry, and optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007 Mar;48(3):1156-63. PubMed PMID: 17325159; PubMed Central PMCID: PMC3882154.

114: Antona B, Barra F, Barrio A, Gonzalez E, Sanchez I. Validity and repeatability of a new test for aniseikonia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007 Jan;48(1):58-62. PubMed PMID: 17197516.

115: Patterson AJ, Garway-Heath DF, Crabb DP. Improving the repeatability of topographic height measurements in confocal scanning laser imaging using maximum-likelihood deconvolution. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2006 Oct;47(10):4415-21. PubMed PMID: 17003434.

118: Chen SI, Chandna A, Norcia AM, Pettet M, Stone D. The repeatability of best corrected acuity in normal and amblyopic children 4 to 12 years of age. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2006 Feb;47(2):614-9. PubMed PMID: 16431958.

120: Lamoureux EL, Lo K, Ferraro JG, Constantinou M, Keeffe JE, Müller A, Taylor HR. The agreement between the Heidelberg Retina Tomograph and a digital nonmydriatic retinal camera in assessing area cup-to-disc ratio. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2006 Jan;47(1):93-8. PubMed PMID: 16384949.

121: Wang J, Simpson TL, Fonn D. Objective measurements of corneal light-backscatter during corneal swelling, by optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2004 Oct;45(10):3493-8. PubMed PMID: 15452054.

123: Guan K, Hudson C, Flanagan JG. Comparison of Heidelberg Retina Tomograph II and Retinal Thickness Analyzer in the assessment of diabetic macular edema. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2004 Feb;45(2):610-6. PubMed PMID: 14744905.

130: Williams C, Lumb R, Harvey I, Sparrow JM. Screening for refractive errors with the Topcon PR2000 Pediatric Refractometer. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2000 Apr;41(5):1031-7. PubMed PMID: 10752938.

138: Zadnik K, Mutti DO, Adams AJ. The repeatability of measurement of the ocular components. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1992 Jun;33(7):2325-33. PubMed PMID: 1607244.